



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

LABORATORIO DE ECOLOGÍA DE PECES

**CARACTERÍSTICAS ALIMENTARIAS DE *Girardinichthys
multiradiatus* (Meek, 1904) (Pisces: Goodeidae) EN LA
CIÉNEGA DE CHIGNAHUAPAN, ALMOLOYA DEL RÍO,
ESTADO DE MÉXICO.**

TESIS DE INVESTIGACIÓN

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

PRESENTA:

CLAUDIA HERNÁNDEZ PLANCARTE

M. EN C. ADOLFO CRUZ GÓMEZ

DIRECTOR DE TESIS



LOS REYES IZTACALA, TLALNEPANTLA ESTADO DE MÉXICO 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Ecología de Peces a cargo de los profesores M. en C. Adolfo Cruz Gómez y Biol. Asela del Carmen Rodríguez Varela y fue financiado por la UNAM a través de la carrera de Biología de la FES Iztacala, por el Programa de Apoyo a Proyectos para la Innovación y Mejoramiento de la Enseñanza (PAPIME) de la DGAPA, Proyecto EN203804 y por el Programa de Apoyo a los Profesores de Carrera para Promover Grupos de Investigación (PAPCA), instituciones y laboratorio a los que agradezco su apoyo.

Dedicatoria:

A mis padres Patricia Plancarte Ceja y Vicente Hernández Ruiz, por su apoyo y todo el esfuerzo que ponen para que sus hijas podamos salir adelante, para que hoy en día pueda hacer de este logro suyo. Los quiero mucho, gracias por todo.

A mis abuelos Ma. Luisa, Benjamín y Josefina, sin duda han sido un apoyo muy importante, alentándome siempre a seguir estudiando y ser mejor persona. Los quiero abues.

A mis hermanas, Karen y Angélica, esperando que ustedes también puedan lograr todo lo que se propongan. A mis primates mayores con quienes compartí la etapa más bonita de mi vida, a todos mis primos, espero poder ser un ejemplo para ustedes, que nunca se rindan y luchen por lo que quieren.

A mis tíos, Mary, Cheli y Benja, agradezco mucho su apoyo y palabras de aliento que siempre me han dado, su unión con la familia y todo lo bueno que tienen para dar. Tío Benja, aún recuerdo que de niña leí tu tesis y me vi en tus dedicatorias, alentándonos a todos tus sobrinos a salir adelante. Ahora con orgullo puedo dedicarles mi tesis a todos.

Lo logre, los quiero a todos!.

Agradecimientos:

Al Laboratorio de Ecología de Peces y en especial al M. en C. Adolfo Cruz Gómez, quien es director de esta tesis y que me apoyo siempre para poder concretar este proyecto, gracias por la oportunidad.

Al Dr. Arturo Rocha Ramírez y al M. en C. Rafael Chávez López por ser mis profesores y mi jurado.

A todos mis profesores, gracias por sus conocimientos.

A mis amigos de toda la Carrera.

Mis roomies queridas Made e Irma, tantos momentos que pasamos en la FES y mejor aún nuestra fabulosa experiencia en Vallarta. Me divertí mucho son ustedes, las quiero.

Todos mis compañeros que hicieron de mi estancia en la FES amena y divertida. A mis amigos desde CCH y también futuros colegas Sandi y Abimael, también gracias por el apoyo y tantos años de amistad.

Contenido

INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	2
MATERIAL Y MÉTODO	3
RESULTADOS	9
RESULTADOS FÍSICOQUÍMICOS.....	9
RESULTADOS BIOLÓGICOS.....	9
COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD ZOOPLANCTÓNICA Y DEL ZOOBENTOS	9
TEMPORADA DE LLUVIAS	9
TEMPORADA DE SECAS	12
<i>Girardinichthys multiradiatus</i>	14
TEMPORADA DE LLUVIAS.....	16
ALIMENTACION POR SEXOS.....	16
ALIMENTACIÓN POR TALLAS.....	19
TEMPORADA DE SECAS.....	21
ALIMENTACIÓN POR SEXOS.....	21
ALIMENTACIÓN POR TALLAS.....	24
AMPLITUD DE NICHOS TRÓFICOS.....	27
ÍNDICE DE PINKAS.....	28
ÍNDICE DE SELECTIVIDAD DE IVLEV.....	29
SIMILITUD DE DIETAS	33
ÍNDICE DE LONGITUD RELATIVA DEL INTESTINO.....	37
DISCUSIÓN.....	38
CONCLUSIONES.....	51
LITERATURA CITADA.....	52

INTRODUCCIÓN

La ictiofauna dulceacuícola en México es excepcionalmente rica, ya que tiene alrededor de 506 especies de peces distribuidas en La Mesa Central de México y alberga 11 familias, una de las cuales la familia Goodeidae, la cual es la más rica en endemismos con 36 especies y que representan el 32% de las especies endémicas de la Mesa Central de México. (De la Vega-Salazar, 2006). Esta riqueza de especies de peces dulceacuícolas en el país se debe a que México alberga 320 cuencas hidrológicas, una de las cuales, con un número grande de especies es la del Rio Lerma-Santiago (Hernández et al., 2013), el cual se origina en la laguna Almoloya del Rio en el Estado de México, también denominada Ciénega del Lerma.

Este sitio se ha caracterizado por una gran explotación de recursos naturales, situación que ha sido favorecida por los grandes asentamientos urbanos, actividades agrícolas, pecuarias e industriales de gran importancia económica. Lo cual ha contribuido a que los cuerpos de agua de la cuenca del Lerma-Santiago, figure como la más contaminada del país (Vázquez-Gutiérrez 1993), lo que ha provocado la desaparición de la fauna y flora de sus aguas en algunas de sus porciones (De la Vega-Salazar, 2006). Este sistema alberga 16 especies de peces, predominando las familias Cyprinidae (carpas) y Goodeidae (mexcalpiques) (Gutiérrez-Yurrita y Morales-Ortiz, 2004).

La familia Goodeidae, se compone de 17 géneros y 33 especies entre las cuales destaca el género *Girardinichthys* con dos especies endémicas: *G. viviparus* y *G. multiradiatus*, esta última y dadas las condiciones de extracción del agua, fragmentación del hábitat y contaminación de los ambientes en los que se distribuye, corre el riesgo de estar amenazada al igual que otras especies (Cruz-Gómez et al., 2010). El hecho de ser una especie endémica y estar en la categoría de vulnerable, incrementa el interés por desarrollar diversas investigaciones sobre su biología, con el fin de aplicar estrategias para la conservación de *G. multiradiatus* y una de ellas es la alimentación.

La alimentación es una de las más importantes funciones del organismo, es la obtención de energía para las funciones básicas de crecimiento, desarrollo y reproducción. Los peces adultos son divididos dentro de grupos de acuerdo a las características de los alimentos consumidos: herbívoros y detritívoros, carnívoros y predadores (Nikolsky, 1974). Aunque a veces no es fácil clasificar con este criterio a todas las especies, ya que algunas de ellas no presentan una dieta definida si no que están adaptadas a un amplio campo de alimentación o bien

varían de dieta a lo largo de su ciclo vital, con la época del año o con el cambio de hábitat (García de Jalón, 1993).

El conocimiento de los hábitos alimenticios de las especies nos permite evaluar el estatus en la comunidad (nivel trófico) y, por lo tanto, el efecto que puede producirse en cualquier tipo de uso y gestión de la misma (explotación, manejo, control de la calidad del agua, ausencia de presas, introducción de especies exóticas, ausencia de depredadores, etc.), (Granado, 2002).

Entre los estudios realizados sobre la alimentación de esta especie resaltan los de, Trujillo-Jiménez y Espinoza (2006), en las Lagunas de Zempoala, la cual se comparte con el Estado de Morelos, en donde se comparó la dieta entre sexos, el de Cruz-Gómez et al., (2005) en la Presa Ignacio Ramírez donde se analizó la importancia de los insectos en la dieta; Navarrete et al., (2007) en el embalse La Goleta analizaron la composición de las dietas; Flores (2007) en la presa de Villa Victoria, y más recientemente, De la Cruz (2010) en la presa Ignacio Ramírez. Todos ellos además de establecer datos sobre la composición de la dieta, analizan la amplitud de nicho trófico y similitud de dietas por talla y sexo, en todos los casos los análisis mostraron grupos alimenticios tales como cladóceros, copépodos y larvas insectos como parte fundamental de la dieta, pero que varía de acuerdo al sexo y tamaño del organismo y sobre todo a las características de los cuerpos de agua en los cuales se ha localizado a la especie.

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar las Características alimentarias de *Girardinichthys multiradiatus* (Meek, 1904) (Pisces: Goodeidae) en la Ciénega de Chignahuapan, Almoloya del Río, Estado de México durante las temporadas de secas y lluvias del 2012.

Objetivos particulares

- Analizar la variación de los parámetros fisicoquímicos del cuerpo de agua y su relación con la disponibilidad de alimento.
- Determinar la composición de la dieta *Girardinichthys multiradiatus* por talla y sexo en temporadas de lluvia y secas.
- Determinar el espectro trófico de la especie por talla y sexo.
- Obtener la amplitud de nicho trófico de la especie por talla y sexo mediante el índice de Shannon-Wiener durante las temporadas de lluvia y secas

- Determinar el valor de Importancia Relativa para los tipos alimentarios de la especie, por sexo y en temporadas utilizando el índice de Pinkas.
- Conocer la selectividad de los tipos alimentarios de la especie por temporada y sexo, mediante del índice de Ivlev.
- Determinar la similitud de dietas de la especie por talla y sexo en temporadas de lluvia y secas.

MATERIAL Y MÉTODO

Se revisaron doce muestreos mensuales que abarcan las temporadas de secas (noviembre a mayo) y lluvias (junio a octubre), obtenidos por el Laboratorio de Ecología de Peces en el 2012 en la Ciénega de Chignahuapan, ubicada en Almoloya del Río en las coordenadas 19° 08'57" LN y 99° 29'30" LO (Fig 1), perteneciente al Sistema de Ciénegas del Rio Lerma en el Estado de México. Los parámetros fisicoquímicos registrados en el cuerpo de agua fueron: Oxígeno disuelto con un oxímetro marca OAKTON waterproof de la serie DO 300, pH con un potenciómetro marca OAKTON modelo WD-35624-74, conductividad y temperatura con un conductímetro marca YSI modelo 30.

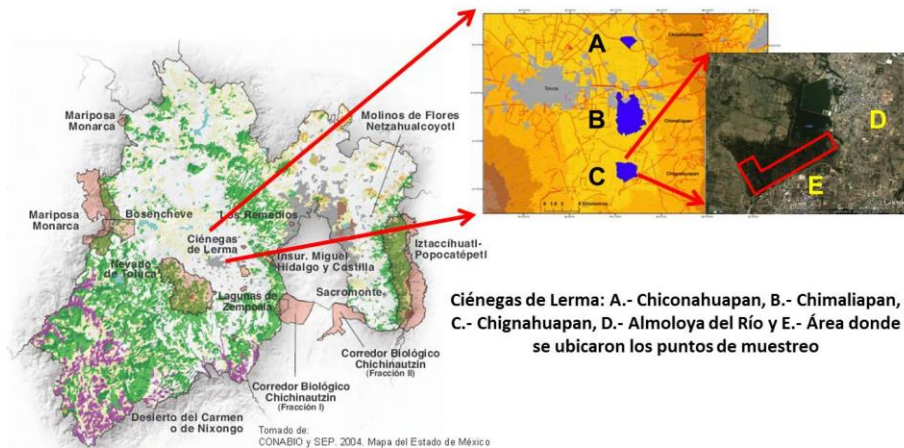


Figura 1. Localización del área de estudio.

La colecta de los peces fue realizada de acuerdo a los hábitos reportados para la especie, Contreras (2005) y a los reportados por trabajos realizados anteriormente por el Laboratorio de Ecología de Peces de la FES Iztacala. Bajo estas características, para la captura en enero del 2012 se utilizó una Red de cuchara marca WaterMark de 25.4 cm por 45.72 cm con 25.4 cm de profundidad, mango

de aluminio de 152.4 cm y de 500 μ de abertura de malla. Mientras, que a partir de febrero se utilizó una red de cuchara con boca de 42 cm x 81 cm y 64 cm de profundidad con mango de madera de 150 cm y malla de 0.5 cm.

Adicionalmente se realizaron colectas de plancton para identificar los organismos del zooplancton y su abundancia, utilizando de una red cónica de plancton con una abertura de malla de 153 μ , 12.7 cm de abertura de boca y 29 cm de longitud con cono receptor. Dadas las condiciones de la zona de muestreo y su baja profundidad, no se pudieron realizar arrastres con la red por lo que se utilizó un recipiente de 19 L. de capacidad para la toma de las muestras de agua y su posterior filtrado. Las muestras colectadas fueron fijadas con formalina al 4%.

Para la estimación de la abundancia de los componentes del zooplancton se revisaron alícuotas de 5 ml utilizando una pipeta tipo Stempel y se extrapolaron al total de la muestra para estandarizar su abundancia en individuos/Litro.

Así mismo, se revisaron muestras de bentos colectado con técnica de la red de fondo, (Red de cuchara) marca WaterMark mencionada anteriormente, con la cual se realizó un arrastre de un metro para la estandarización de individuos/m². Las muestras colectadas fueron fijadas con formalina al 4%.

Los grupos colectados se identificaron utilizando literatura especializada como Chu (1949), Ruttner-Kolisko (1962), Needham y Needham (1978), McCafferty y Provonsha. (1998), Throp y Covich (2001) y Smith (2001). En ambos casos, tanto el plancton como el bentos, sirvieron de referencia para el análisis de la alimentación.

Para el análisis de los peces, los organismos fueron sexados, y medidos con un vernier digital 0.1 mm y pesados con una balanza digital 0.001g. De la población colectada, se seleccionaron el 30% tanto de machos como de hembras; obteniéndose de cada pez, el tracto digestivo desde el esófago hasta el ano para realizar el análisis del contenido estomacal. Los grupos encontrados en el contenido estomacal, fueron identificados al nivel máximo permisible utilizando la literatura especializada mencionada anteriormente. De los resultados obtenidos, se adquirió la contribución en porcentaje de cada tipo alimentario y su representación en diagramas que muestran la composición de la dieta y los espectros tróficos, tanto de manera general como por talla y sexo, esto en número y biomasa, en temporadas de lluvias y secas.

Para efectos de comparación de los métodos, los valores de los registros de zooplancton y zoobentos así como los del contenido estomacal se obtuvieron tanto en abundancia como en peso relativos.

Para determinar la medida de amplitud de nicho por sexo se aplicó el Índice de diversidad de especies de Shannon-Wiener de acuerdo a la propuesta por Colwell y Futuyama (1971) en (Krebs, 1989).

$$H' = -\sum_{i=1}^n (p_i)(\ln p_i)$$

Dónde:

H' = Medida de amplitud de nicho de Shannon-Wiener

n = Número total de tipos o ítems alimentarios

p_i = Proporción de individuos encontrados en/o usando un recurso o la proporción del tipo alimentario consumido

\ln = Logaritmo natural

En virtud de que la medida del índice de Shannon-Wiener oscila entre 0 a ∞ , se utilizó una escala de 0 a 1 mediante el Índice de Equitatividad (Krebs, 1989) donde:

$$J' = \frac{H'}{\ln n}$$

Dónde:

J' = Medida de Equitatividad de la función de Shannon-Wiener

H' = Medida de amplitud de nicho de Shannon-Wiener

n = Número total de tipos o ítems alimentarios

\ln = Logaritmo natural.

De acuerdo al valor obtenido de equitatividad, la especie se clasificó con base a la siguiente propuesta:

Si $J' = 1$ es Eurífaga. Especie con una dieta amplia, poco exigente y aprovecha cualquier tipo de alimento disponible y por lo tanto es una especie generalista, ya que tiene un nicho trófico amplio.

Si $J' = 0$ es Estenófaga. Especie con una dieta estricta, bastante selectiva y por lo tanto es una especie especialista, ya que tiene un nicho trófico estrecho.

Para obtener la importancia relativa de los tipos alimenticios se realizó índice de Pinkas (1971), modificado por Yáñez-Arancibia, et al., (1976) (IIR: Índice de Importancia Relativa), en donde la importancia de cada presa queda expresada por la siguiente fórmula:

$$IIR: F(B)/100$$

Donde:

F= frecuencia o porcentaje de ocurrencia

B= porcentaje en biomasa de alimento ingerido o grupo trófico

La similitud de dietas se determinó mediante el índice de Distancia Euclidiana y la construcción del dendrograma por medio de ligamiento promedio, utilizando para ello, el programa Primer V6.

$$d_{j,k} = \sqrt{\sum_{i=1}^S (X_{ij} - X_{ik})^2}$$

Dónde:

d_{j,k}= Distancia Euclidiana entre las muestras *j* y *k*

X_{ij} = Número de individuos de la especie *i* en la muestra *j*

X_{ik} = Número de individuos de la especie *i* en la muestra *k*

S = Número de especies

La selectividad alimenticia se obtuvo mediante el índice de Ivlev (1961) (en Krebs, 1989):

$$E_i = \frac{r_i - n_i}{r_i + n_i}$$

Dónde:

E_i = La selectividad de Ivlev medida para la especie i

r_i = Porcentaje de la especie i en la dieta

n_i = Porcentaje de la especie i en el ambiente

De acuerdo al valor obtenido, cada tipo alimentario o presa se clasificará conforme a la siguiente propuesta:

Tabla 1. Clasificación según el índice de IVLEV

VALOR DE IVLEV	CLASIFICACIÓN
1.0 – 0.5	ALIMENTO SELECCIONADO PREFERENTEMENTE.
0.49 – 0.1	ALIMENTO SELECCIONADO, PERO NO PREFERENTEMENTE.
0	ALIMENTO CONSUMIDO DE ACUERDO A SU PROPORCIÓN EN EL AMBIENTE.
-0.01 - -0.9	ALIMENTO CONSUMIDO OCASIONALMENTE.
-1	TAXA EXISTENTE EN EL AMBIENTE PERO NO CONSUMIDO.

Se obtuvo el índice de Longitud Relativa del Intestino para determinar su hábito alimentario, de acuerdo a la siguiente fórmula (Pineda, et al., 2012).

$$LRI = \frac{\text{Longitud del intestino}}{\text{Longitud estándar}}$$

El cual clasifica bajo el siguiente criterio:

<1 indica una dieta carnívora,

Entre 1 y 3 omnívora

>3 herbívora, con énfasis en material vegetal o detritus

La medida de similitud de dietas va de **0** (máxima similitud) a ∞ (mínima similitud).

Se determinó el nivel trófico o la posición que ocupa la especie en el sistema, mediante la propuesta realizada por García de Jalón et al. (1993) y complementada con Day y Yáñez-Arancibia (1985).

Tabla 2. Nivel trófico, propuesta de García de Jalón et al. y complementada con Day y Yáñez-Arancibia, tomado de (De la Cruz, 2010).

NIVEL TRÓFICO		CARACTERÍSTICAS
Primer nivel trófico	Productores primarios	Algas, fitoplancton
Segundo nivel trófico	Consumidores primarios o consumidores de primer orden	<i>Herbívoros.</i> Comen algas bénticas, pastos marinos y cualquier vegetación acuática. <i>Detritívoros.</i> La fuente primordial son las poblaciones microbianas que viven en el detrito. <i>Omnívoros.</i> Comen algo de vegetación acuática, detrito y pequeños vegetales.
Tercer nivel trófico	Consumidores secundarios o consumidores de segundo orden	<i>Carnívoros primarios.</i> Comen principalmente animales del primer orden o consumidores primarios tales como los herbívoros, detritívoros y omnívoros, más pequeñas cantidades de plantas y detrito.
Cuarto nivel trófico	Consumidores terciarios o consumidores de tercer orden	<i>Carnívoros secundarios.</i> Son estrictamente carnívoros. Comen exclusivamente animales tanto consumidores de primero orden como del segundo orden o de ambos. Materiales distintos a la carne son meramente accidentales.

RESULTADOS

RESULTADOS FISICOQUÍMICOS.

La Tabla 3 muestra los resultados de los parámetros ambientales considerados en el presente estudio, notándose los valores más bajos durante la temporada de secas a excepción de la conductividad.

Tabla 3. Parámetros Fisicoquímicos registrados en la Ciénega de Chignahuapan durante la temporada de lluvias y secas 2012.

PARÁMETROS	LLUVIAS	SECAS
Temperatura ambiental °C	22.00 ± 0.9	20.93 ± 2.27
Temperatura agua °C	16.30 ± 2.2	15.77 ± 2.80
Transparencia cm	34.67 ± 20.3	17.56 ± 10.41
Profundidad cm	50.50 ± 17.3	45.38 ± 23.02
Oxígeno disuelto mg/L	6.88 ± 5.0	5.65 ± 2.85
Conductividad µS	887.94 ± 120.1	1146.75 ± 270.65
pH	8.64 ± 0.7	8.59 ± 0.72
Escala Forel-Ule	X-XXI	XIV-XXI

RESULTADOS BIOLÓGICOS.

Con respecto a los parámetros biológicos, se muestran los resultados tanto en número como en biomasa con la finalidad de comparar dichos resultados.

COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD ZOOPLANCTÓNICA Y DEL ZOOBENTOS

TEMPORADA DE LLUVIAS

Zooplankton: se registraron 8 componentes, la mayor abundancia la presentaron los copépodos y cladóceros (Figura 2). En términos de biomasa, los componentes con mayor peso fueron copépodos, dípteros, cladóceros y anfípodos (Figura 3).

Zoobentos: se observaron 13 componentes, la mayor abundancia la presentaron anfípodos, oligoquetos, hemípteros y gasterópodos (Figura 4). En cuanto a

biomasa, los componentes mejor representados son, decápodos, gasterópodos y anfípodos (Figura 5).

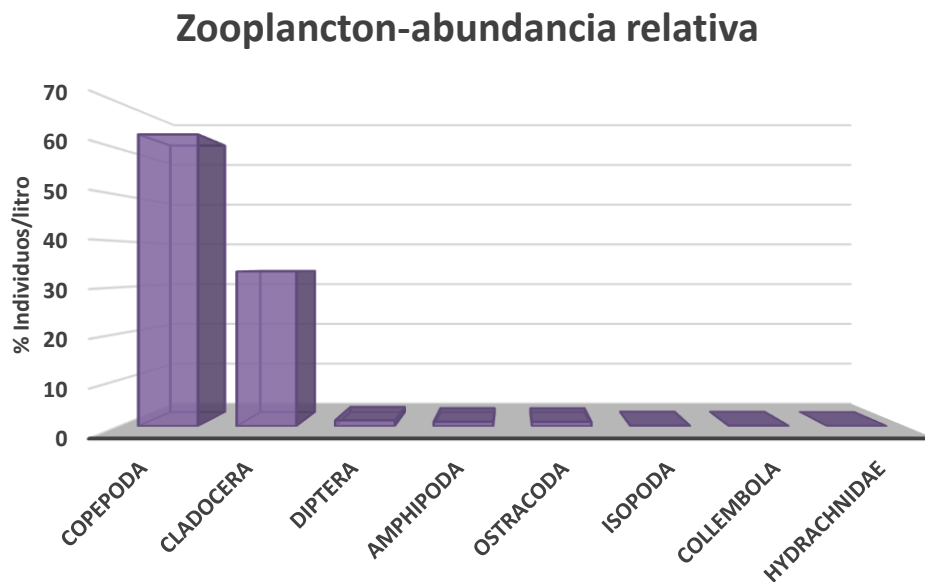


Figura 2. Composición del zooplancton (individuos/l) en temporada de lluvias 2012.

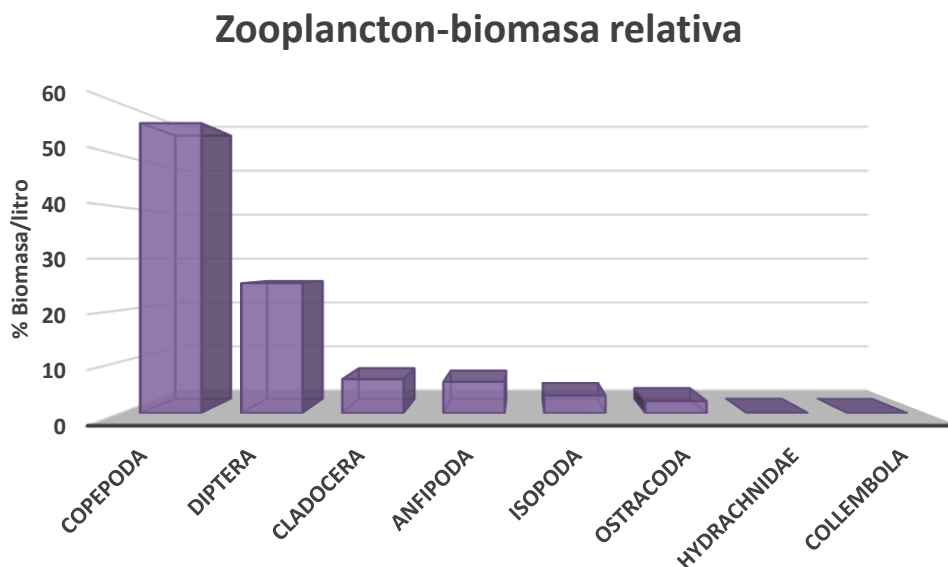


Figura 3. Composición del zooplancton (biomasa/l) en temporada de lluvias 2012.

Zoobentos-abundancia relativa

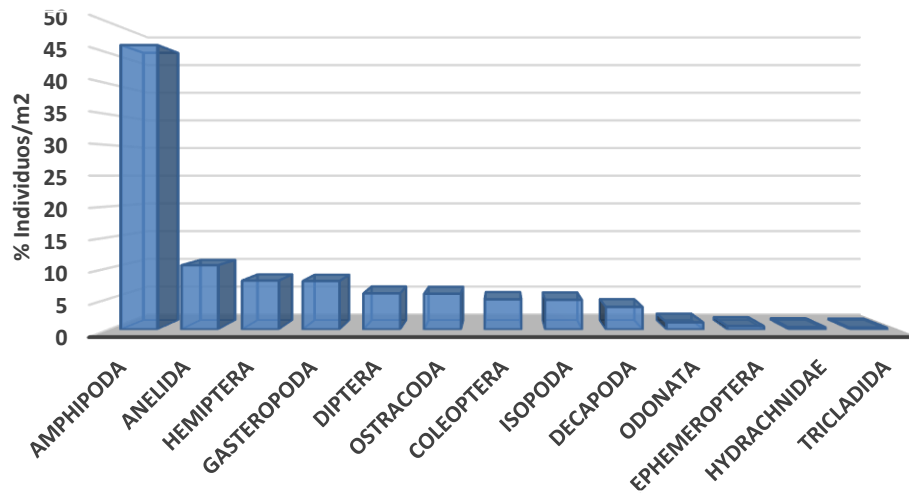


Figura 4. Composición del zoobentos (individuos/m²) en temporada de lluvias 2012.

Zoobentos-biomasa relativa

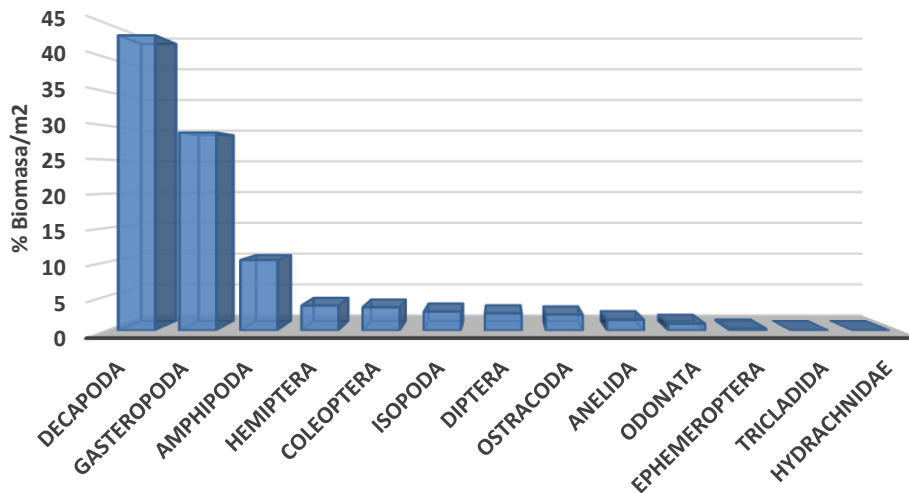


Figura 5. Composición del zoobentos (biomasa/m²) en temporada de lluvias 2012.

TEMPORADA DE SECAS

Zooplancton: Se registraron 8 componentes, la mayor abundancia la presentaron los cladóceros, copépodos, dípteros y rotíferos (Figura 6). En términos de biomasa los componentes con mayor peso fueron, dípteros, copépodos, hemípteros y cladóceros (Figura 7).

Zoobentos: Se observaron 14 componentes, la mayor abundancia la presentaron anfípodos, isópodos y hemípteros (Figura 8). Los componentes con mayor biomasa fueron los decápodos, gasterópodos, odonatos y coleópteros (Figura 9).

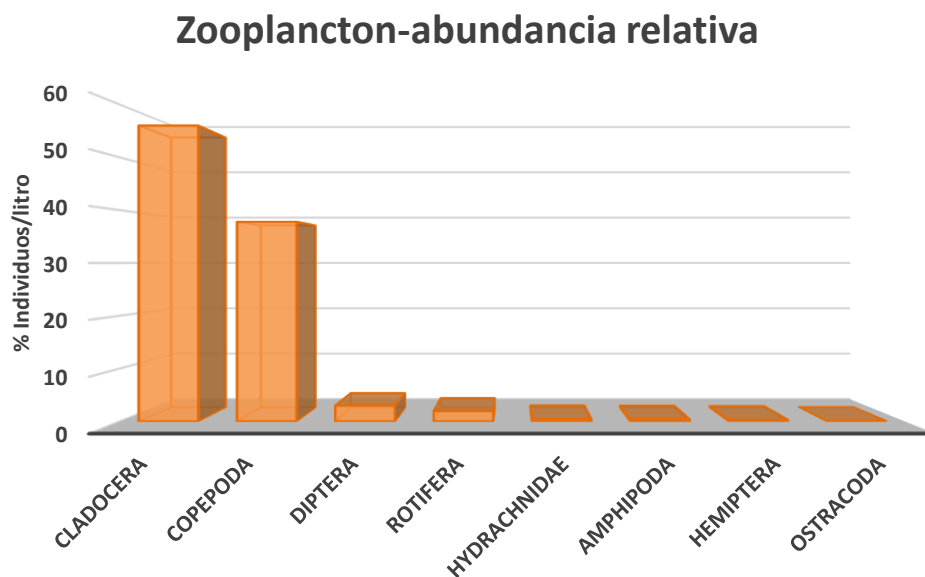


Figura 6. Composición del zooplancton (individuos/l) en temporada de secas 2012.

Zooplankton-biomasa relativa

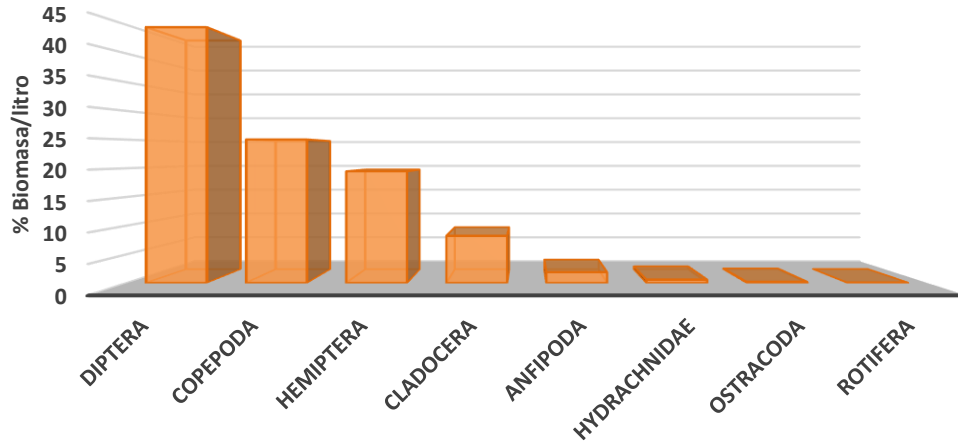


Figura 7. Composición del zooplankton (biomasa/l) en temporada de secas 2012.

Zoobentos-abundancia relativa

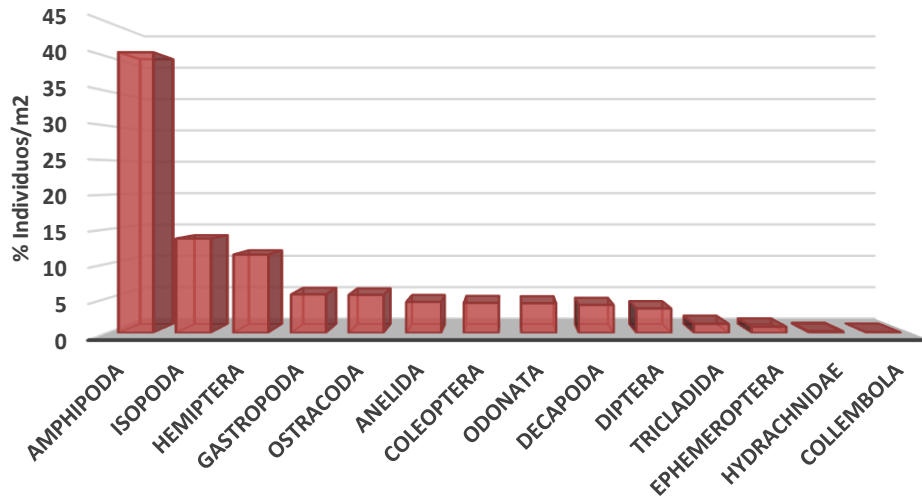


Figura 8. Composición del zoobentos (individuos/m²) en temporada de secas 2012.

Zoobentos-biomasa relativa

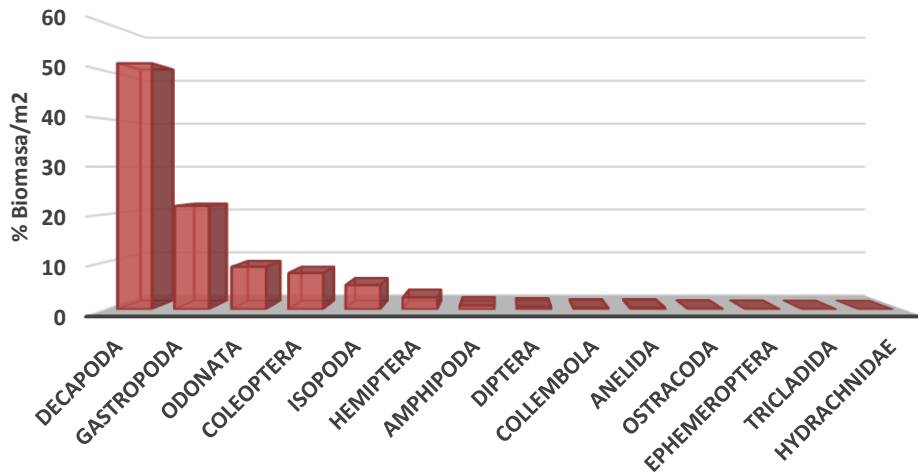


Figura 9. Composición del zoobentos (biomasa/m²) en temporada de secas 2012.

Girardinichthys multiradiatus.

La figura 10 muestra las abundancias por sexo durante las temporadas de secas y lluvias en la Ciénega de Chignahuapan, obteniéndose una proporción sexual M/H de 0.84:1 ($X^2 = p < 0.05$) dominando las hembras en ambas temporadas. La figura 11 muestra el número de organismos que fueron diseccionados para su análisis por sexo para cada temporada.

G. multiradiatus

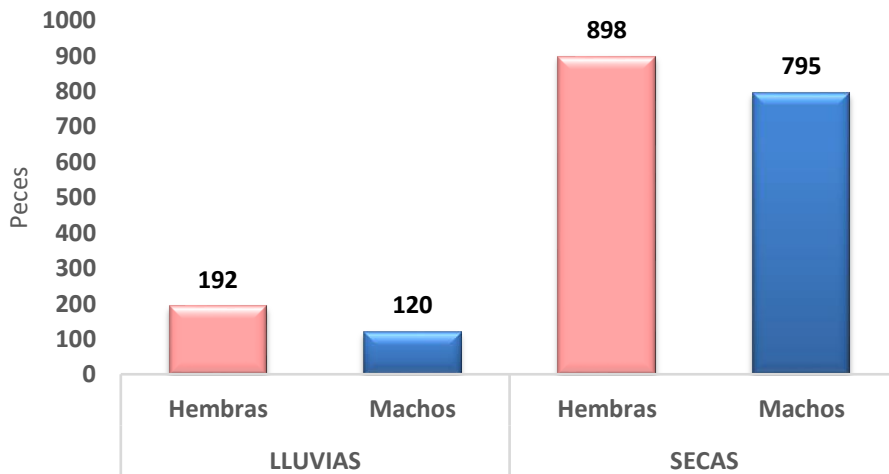


Figura 10. *G. multiradiatus* colectados en la Ciénega de Chignahuapan durante el 2012

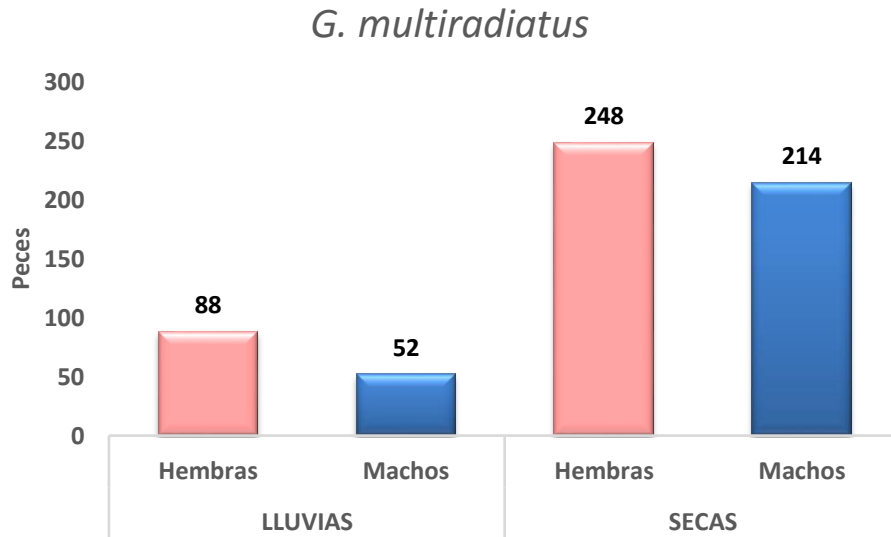


Figura 11. *G. multiradiatus* utilizados para el análisis del contenido estomacal.

Las figuras 12 y 13 muestran unos ejemplares de *G. multiradiatus* tanto hembra como macho respectivamente, se pueden notar las diferencias morfológicas entre ellos, sobre todo en las aletas.

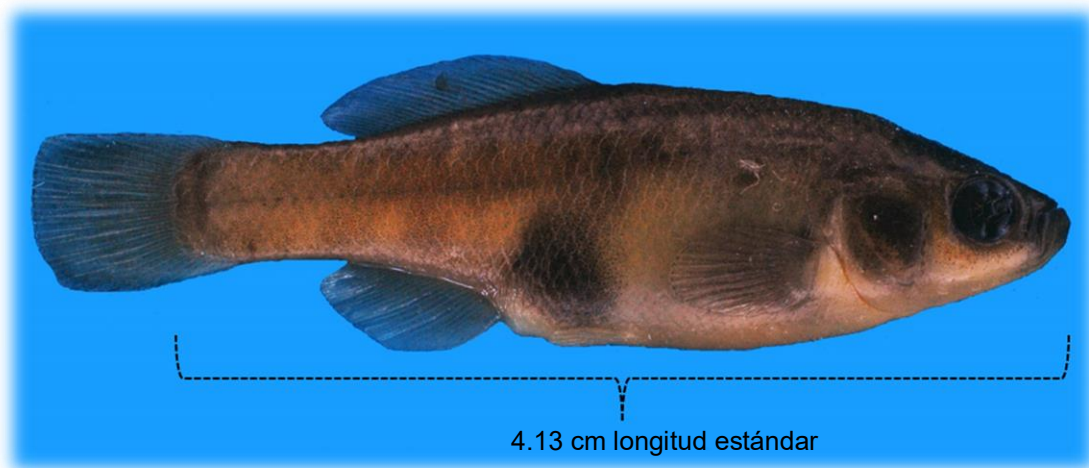


Figura 12. Hembra de *G. multiradiatus* capturada en la Ciénega de Chignahuapan.

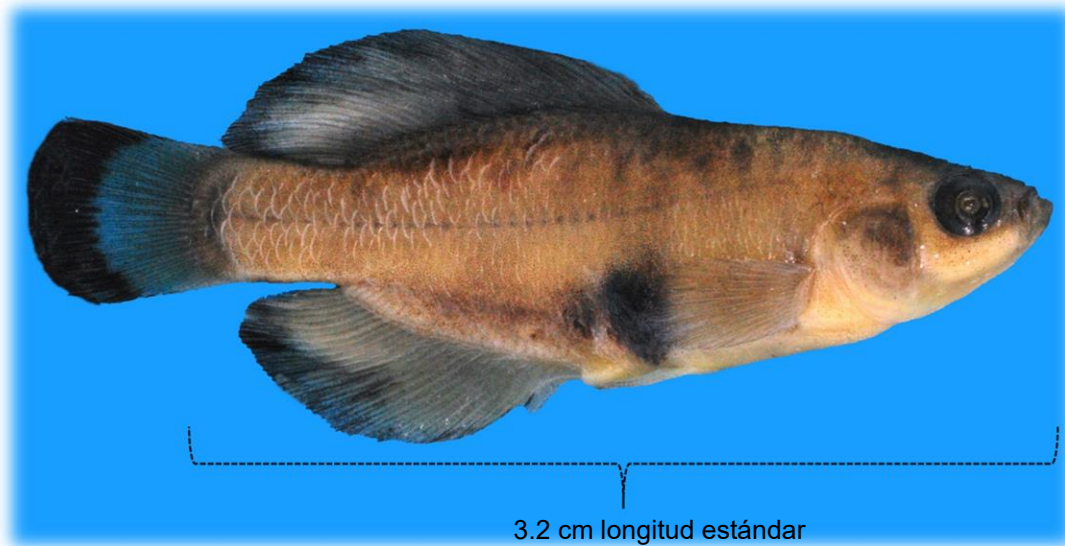


Figura 13. Macho de *G. multiradiatus* capturado en la Ciénega de Chignahuapan.

TEMPORADA DE LLUVIAS

Los resultados son presentados por temporada, sexo y tallas tanto en abundancia como en biomasa; esto con la finalidad de poder discutir las metodologías empleadas en su análisis.

ALIMENTACION POR SEXOS

Hembras: Se analizaron 88 hembras, encontrándose un total de 7 tipos alimentarios consumidos. Los tipos más consumidos fueron los cladóceros y copépodos, seguidos por los dípteros (Figura 14). Mientras que en biomasa los resultados muestran una dieta a base de hemípteros y dípteros, seguidos de los cladóceros (Figura 15).

Machos: Se analizaron 52, registrándose un consumo de 8 tipos alimentarios. Los tipos más consumidos en abundancia fueron cladóceros y copépodos, seguidos por anfípodos (Figura 16). En tanto que, en biomasa consumida la dieta estuvo compuesta por cladóceros, copépodos y hemípteros (Figura 17).

Hembras-abundancia relativa

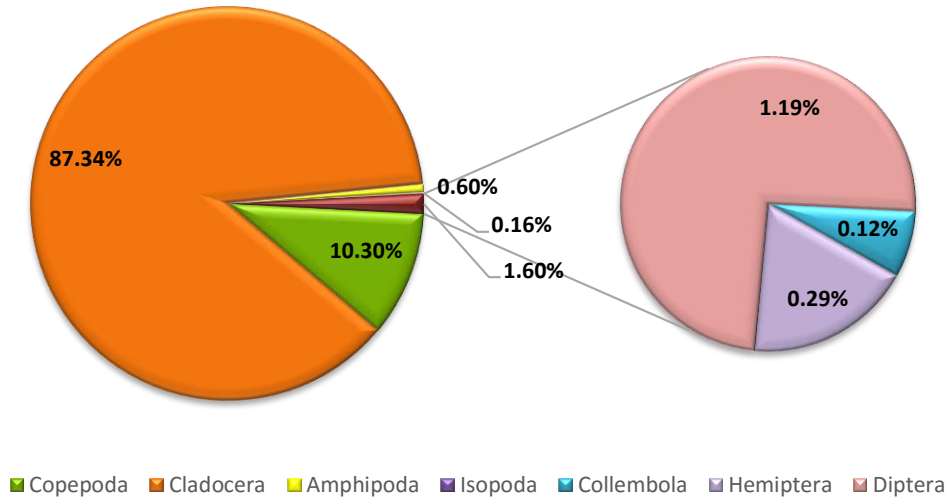


Figura 14. Abundancia de tipos alimenticios consumidos por hembras durante la temporada de lluvias 2012.

Hembras-biomasa relativa

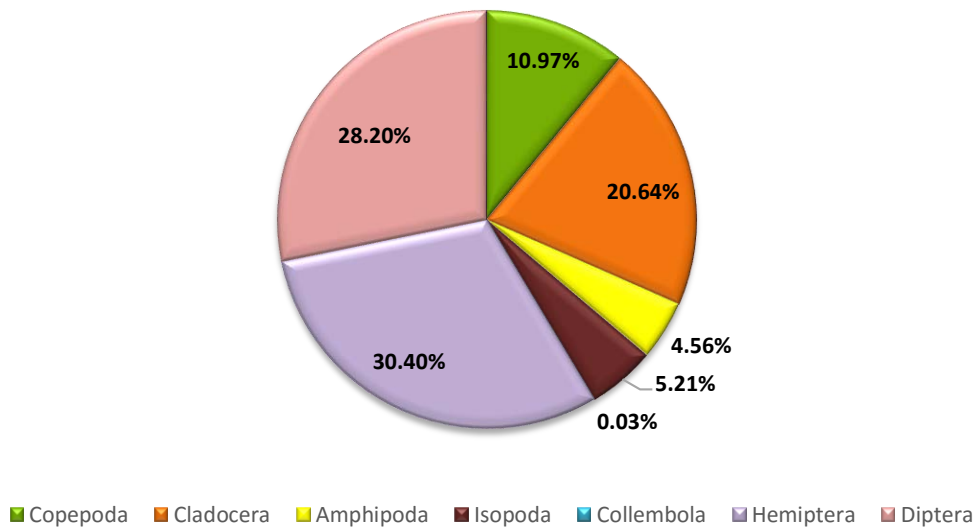


Figura 15. Biomasa de tipos alimenticios consumidos por hembras durante la temporada de lluvias 2012

Machos-abundancia relativa

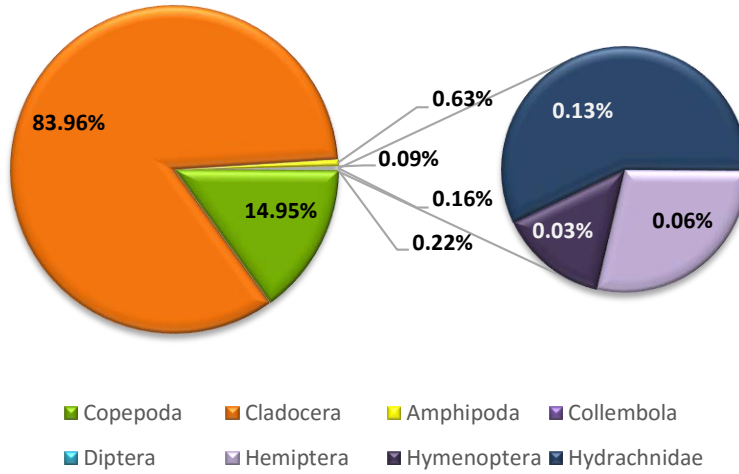


Figura 16. Abundancia de tipos alimenticios consumidos por machos durante la temporada de lluvias 2012.

Machos-biomasa relativa

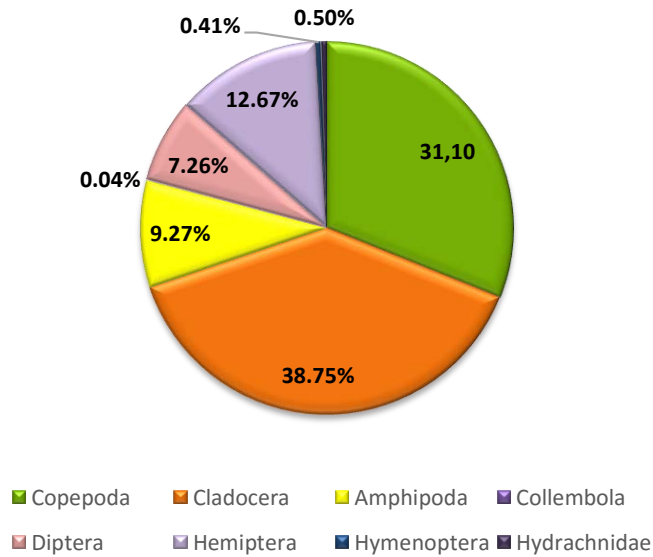


Figura 17. Biomasa de tipos alimenticios consumidos por machos durante la temporada de lluvias 2012

ALIMENTACIÓN POR TALLAS.

Hembras: Se registraron 10 intervalos de tallas y 7 tipos alimentarios, con respecto a la abundancia, son los cladóceros y copépodos los más consumidos en todas las tallas seguidos de dípteros (Figura 18).

Los resultados en biomasa indican que, si bien los cladóceros y copépodos siguen siendo importantes, la mayor biomasa consumida fue a base de hemípteros y dípteros (Figura 19).

Machos: Se registraron 6 intervalos de tallas y 8 tipos alimentarios, con respecto a la abundancia, los cladóceros y copépodos fueron los alimentos más importantes y consumidos en todas las tallas. (Figura 20).

Con respecto a la biomasa, los cladóceros y Copépodos siguen siendo los más importantes, pero la dieta se ve complementada con los dípteros y anfípodos (Figura 21).

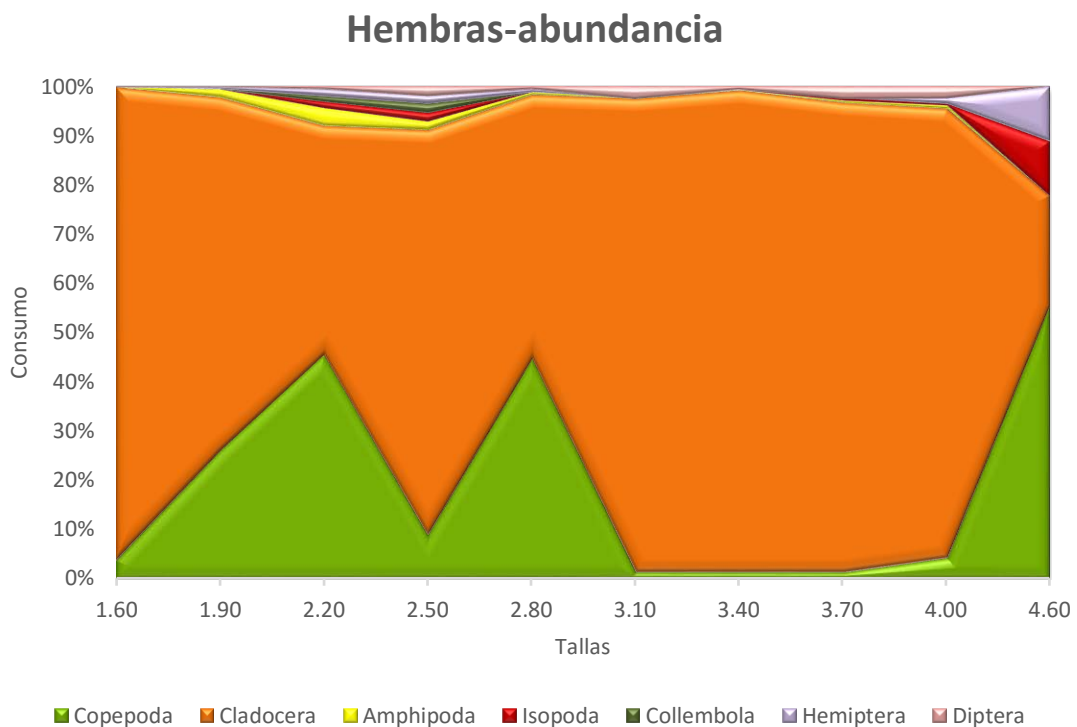


Figura 18. Espectro trófico por tallas de hembras durante la temporada de lluvias 2012.

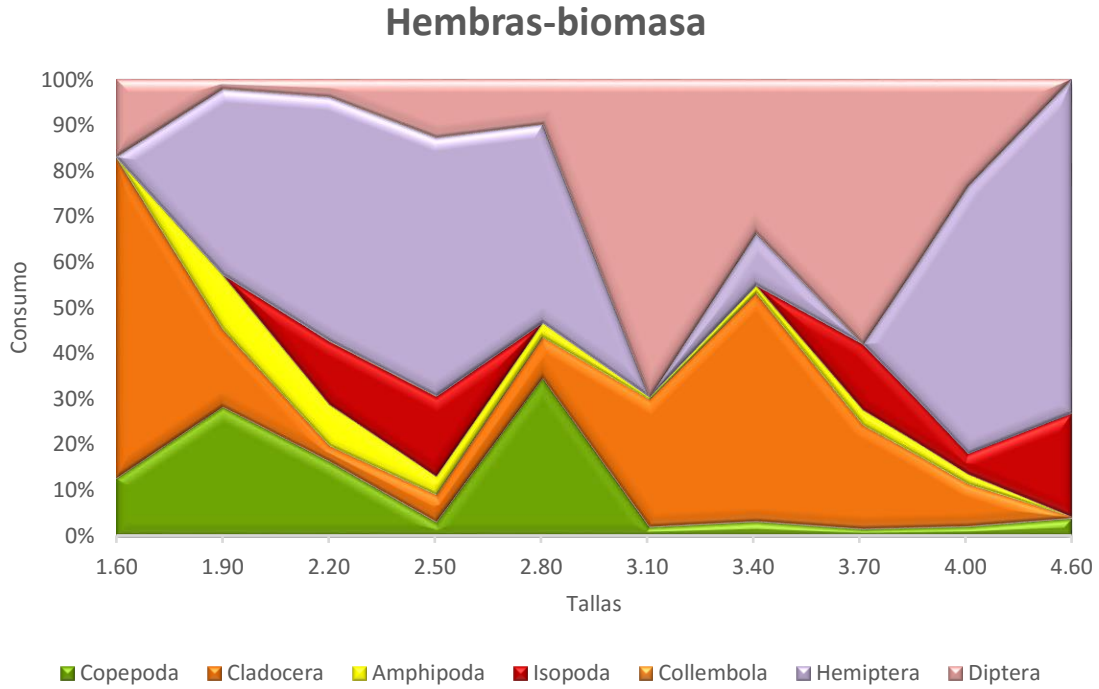


Figura 19. Espectro trófico por tallas en biomasa, de hembras durante la temporada de lluvias 2012.

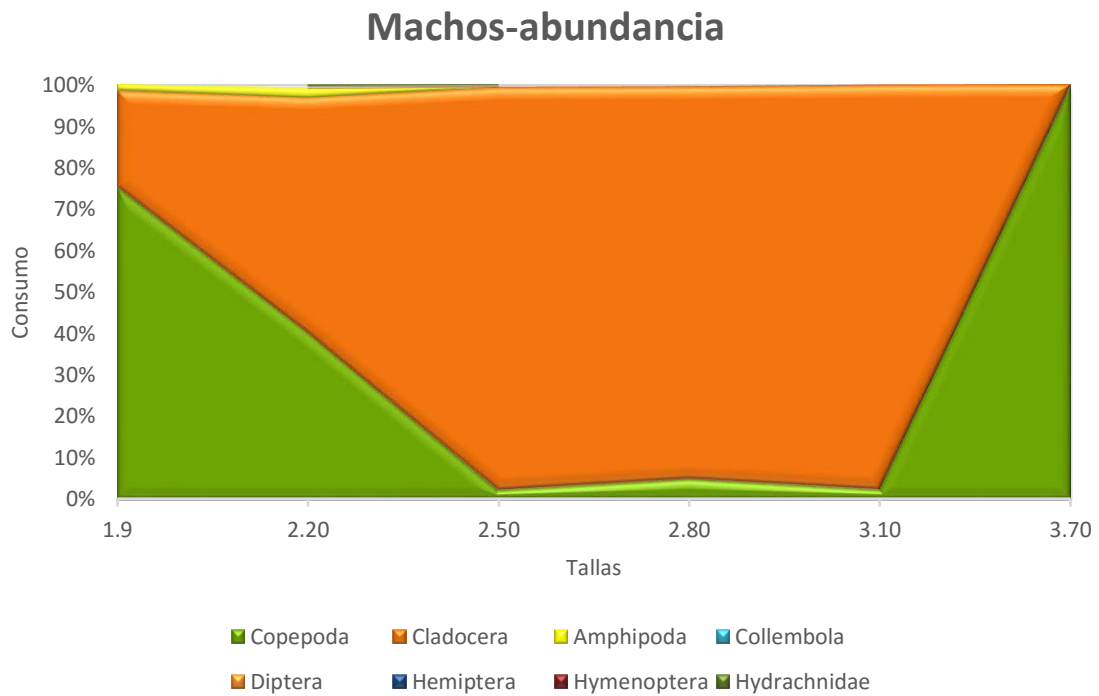


Figura 20. Espectro trófico por tallas de machos durante la temporada de lluvias 2012.

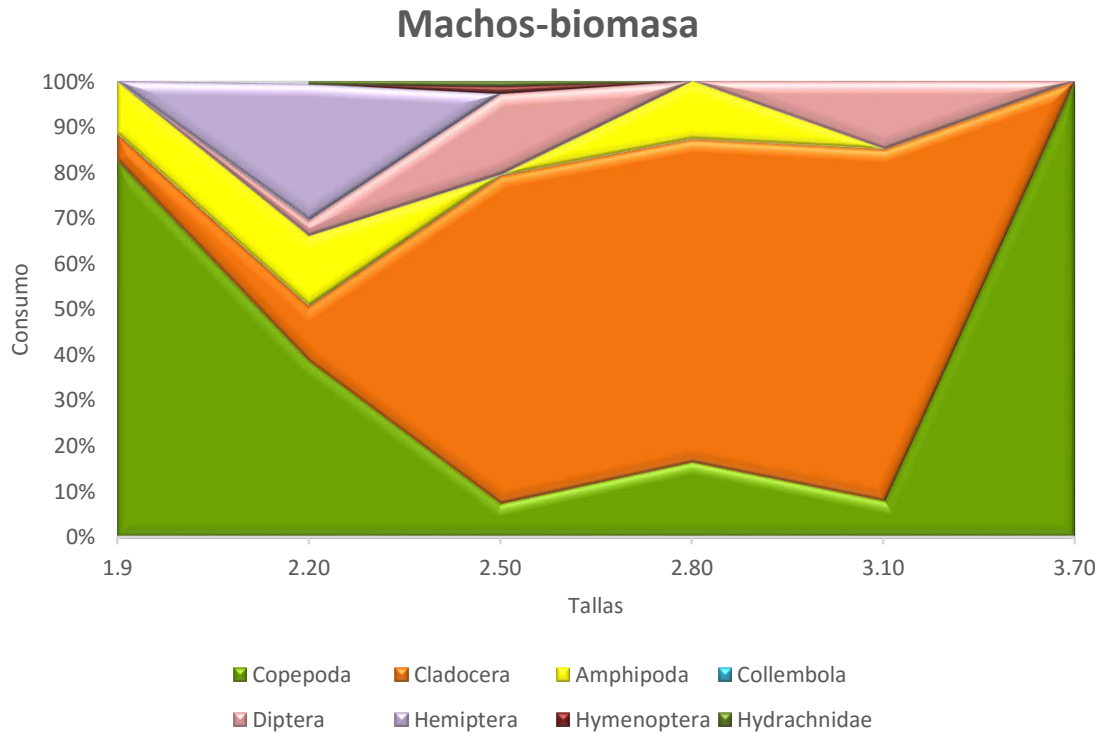


Figura 21. Espectro trófico en biomasa, por tallas de machos durante la temporada de lluvias 2012.

TEMPORADA DE SECAS.

ALIMENTACIÓN POR SEXOS.

Hembras: Se analizaron 248 hembras, encontrándose un total de 11 tipos alimentarios consumidos. En número, los más consumidos fueron los cladóceros y copépodos, seguidos por díptera (Figura 22). Los valores en biomasa muestran que los alimentos más consumidos fueron los coleópteros, dípteros y gasterópodos (Figura 23).

Machos: Se analizaron 214 organismos, observándose un consumo de 11 tipos alimentarios. Los más consumidos en abundancia fueron cladóceros y copépodos, seguidos por dípteros (Figura 24), mientras que, en biomasa, la dieta estuvo compuesta a base de coleópteros, dípteros y hemípteros (Figura 25).

Hembras-abundancia relativa

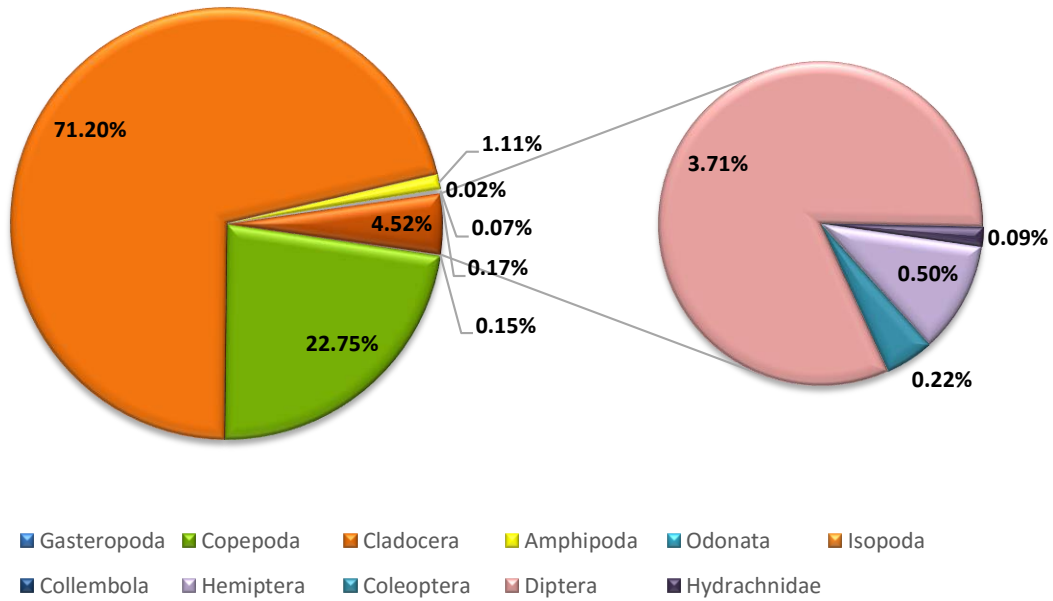


Figura 22. Abundancia de tipos alimenticios consumidos por hembras durante la temporada de secas 2012.

Hembras-biomasa relativa

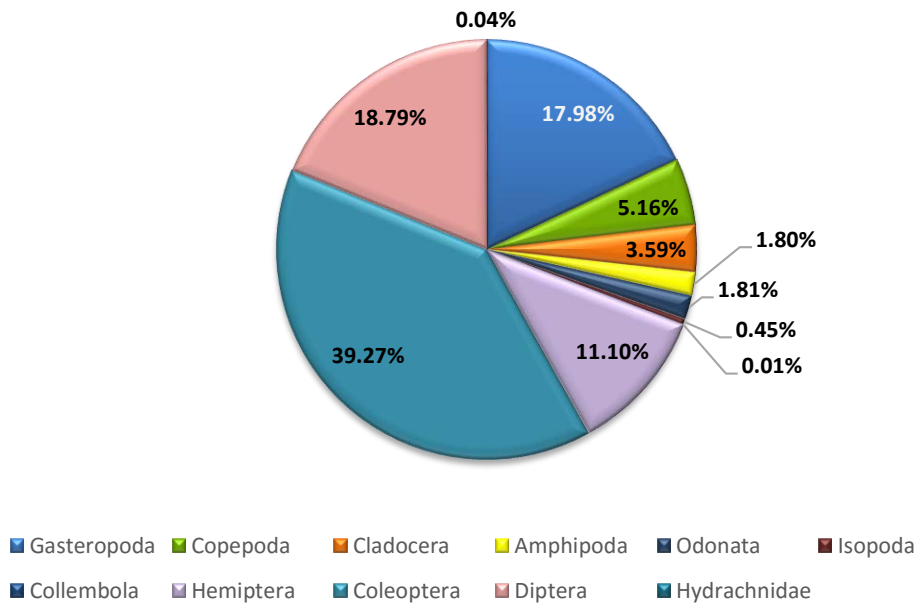


Figura 23. Biomasa de tipos alimenticios consumidos por hembras durante la temporada de secas 2012

Machos-abundancia relativa

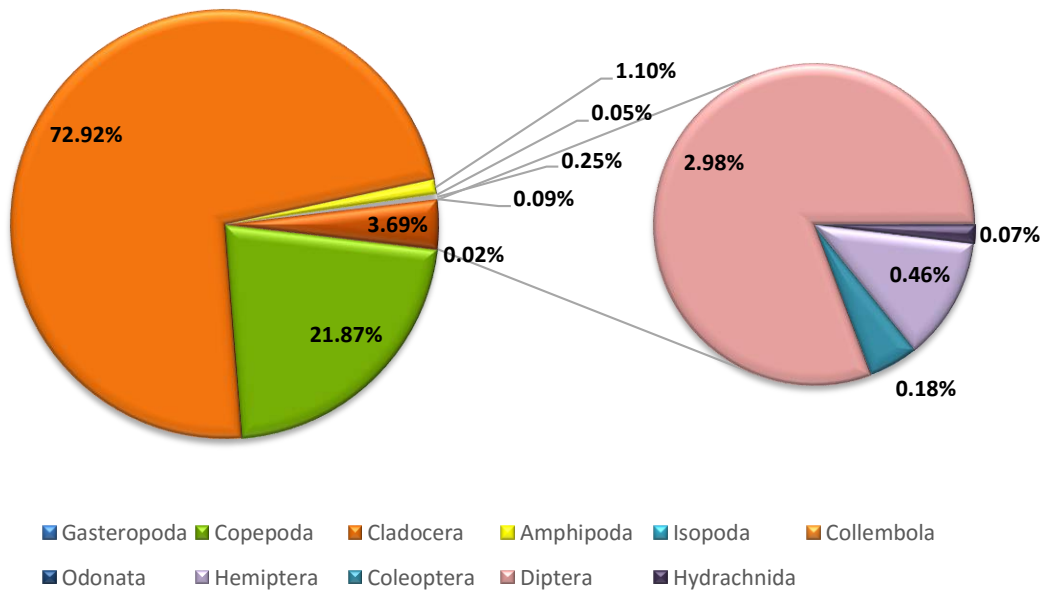


Figura 24. Abundancia de tipos alimenticios consumidos por machos durante la temporada de secas 2012.

Machos-biomasa relativa

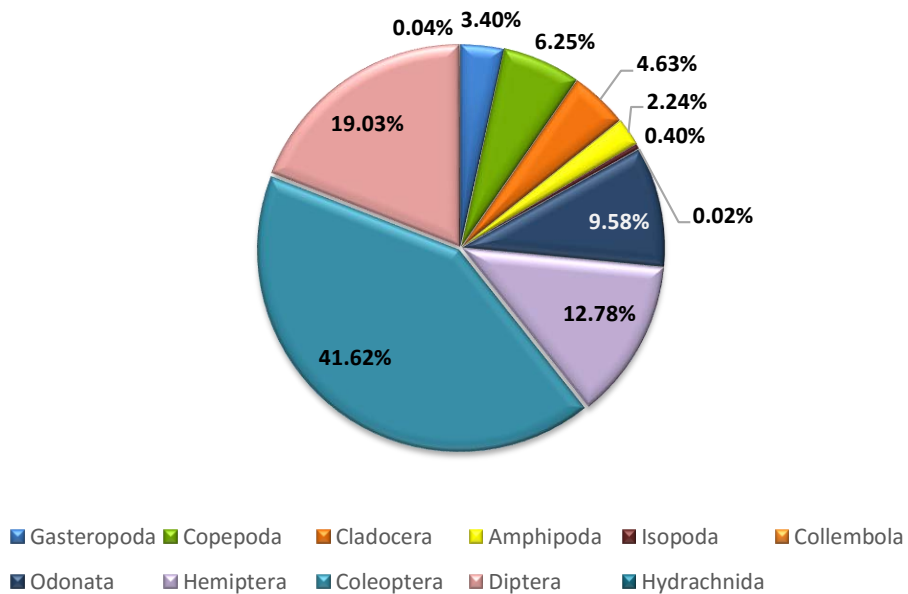


Figura 25. Biomasa de tipos alimenticios consumidos por machos durante la temporada de secas 2012

ALIMENTACIÓN POR TALLAS.

Hembras: Se registraron 13 intervalos de tallas, los valores de abundancia relativa muestran que los cladóceros y copépodos fueron consumidos en todas ellas, los cladóceros solo fueron ausentes en la talla 1.0, la dieta se complementa con los dípteros y anfípodos. (Figura 26).

Respecto a los valores de biomasa, la mayor fue de coleópteros seguido de los dípteros, los gasterópodos aparecen a partir de las tallas 3.4 a 4.0 (Figura 27).

Machos: Se registraron 8 intervalos de tallas, donde nuevamente los copépodos se consumieron en todas las tallas, seguidos de los cladóceros que se ausentaron en la primera talla, en el resto de los alimentos su consumo vario en las tallas (Figura 28).

La mayor biomasa consumida la presentaron los coleópteros y fue de las tallas 1.90 a 3.10, la de los dípteros fue en la talla 1.90 y de los hemípteros en las tallas 2.5 a 3.5 (Figura 29).

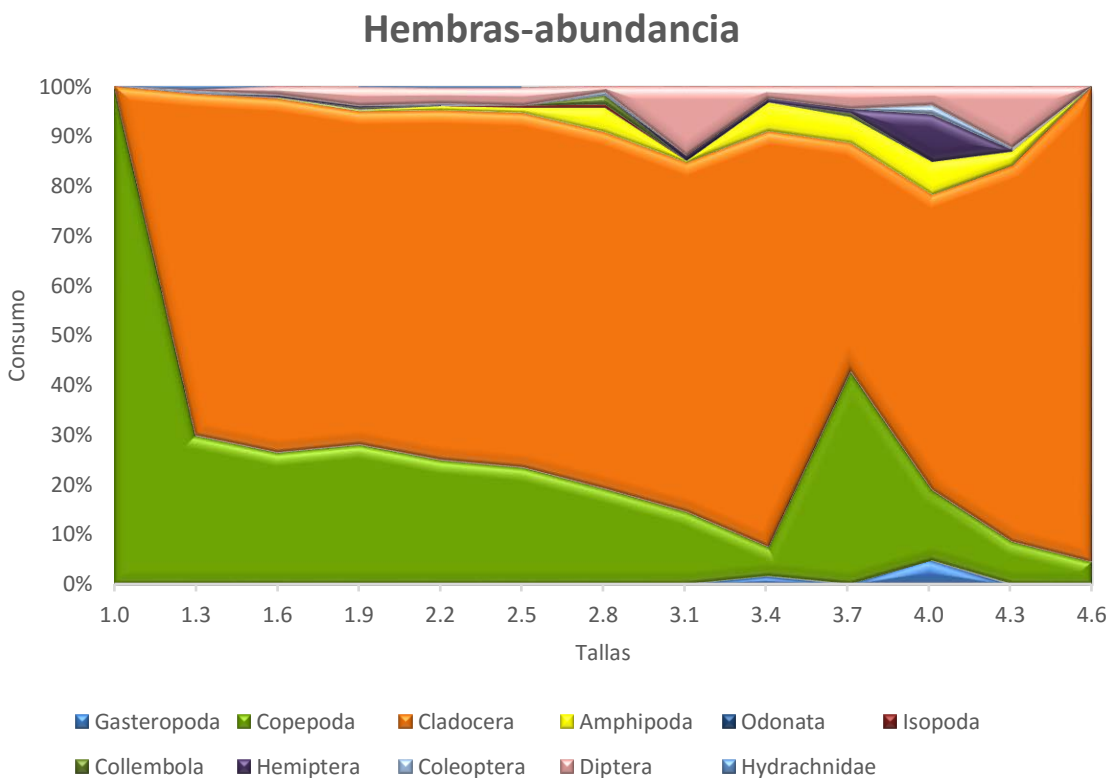


Figura 26. Espectro trófico por tallas de hembras durante la temporada de secas 2012.

Hembras-biomasa

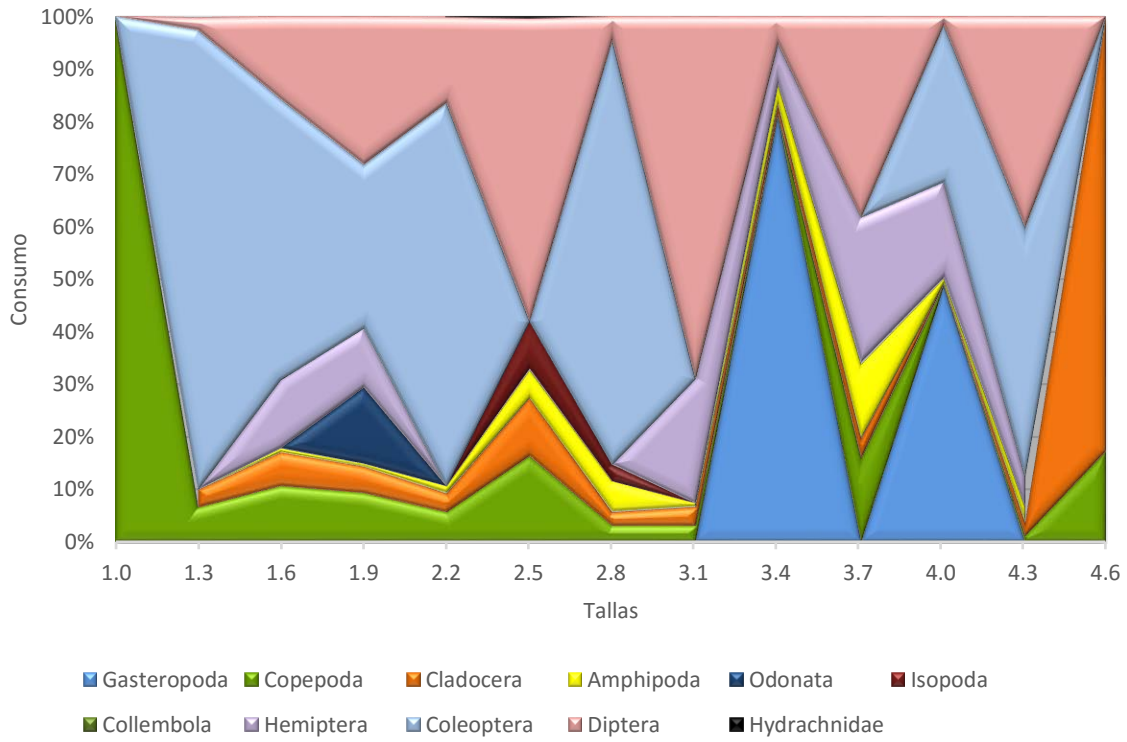


Figura 27. Espectro trófico en biomasa, por tallas de hembras durante la temporada de secas 2012.

Machos-abundancia

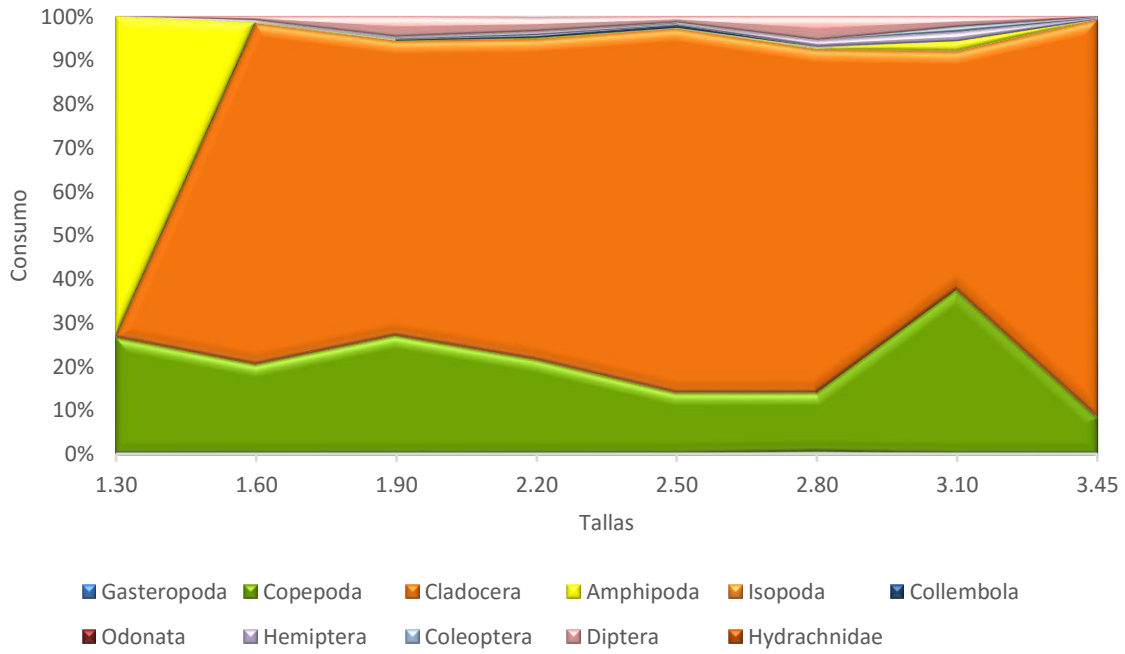


Figura 28. Espectro trófico por tallas de machos durante la temporada de secas 2012.

Machos-biomasa

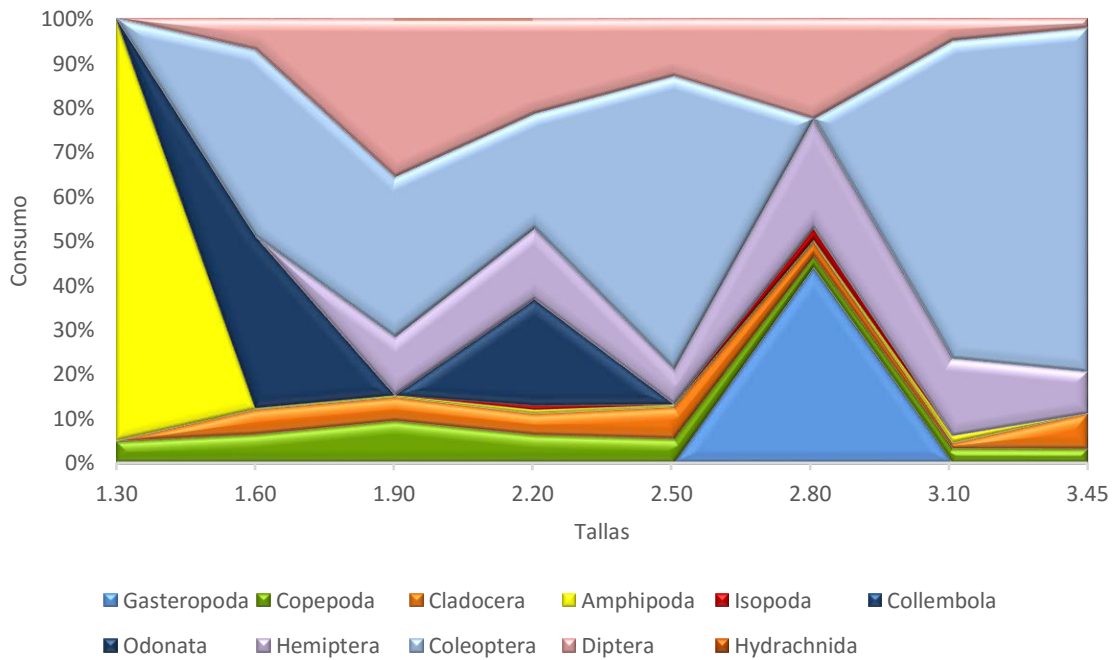


Figura 29. Espectro trófico en biomasa, por tallas de machos durante la temporada de secas 2012

AMPLITUD DE NICHOS TRÓFICO

Utilizando los datos del alimento consumido por sexo y temporadas, en términos de abundancia y biomasa, se muestran los resultados obtenidos del índice de Shannon-Wiener.

Considerando los datos en abundancia, se nota una amplitud de nicho baja en ambas temporadas, debido a la dominancia de algunos tipos alimenticios principalmente los cladóceros y copépodos (Tabla 4).

En cambio, analizando los datos en términos de biomasa, se puede observar una amplitud de nicho mayor entre el recurso en ambas temporadas (Tabla 5).

Tabla 4. Amplitud de nicho trófico en abundancia de *G. multiradiatus* durante las temporadas de lluvias y secas 2012

Amplitud de nicho trófico	SECAS		LLUVIAS	
	Hembras	Machos	Hembras	Machos
<i>Shannon bits/ind</i>	0.8355	0.7981	0.4739	0.4970
<i>Equitatividad</i>	0.3257	0.3212	0.2279	0.2262

Tabla 5. Amplitud de nicho trófico en biomasa de *G. multiradiatus* durante las temporadas de lluvias y secas 2012

Amplitud de nicho trófico	SECAS		LLUVIAS	
	Hembras	Machos	Hembras	Machos
<i>Shannon bits/ind</i>	1.6815	1.7138	1.5866	1.4598
<i>Equitatividad</i>	0.6556	0.6897	0.7630	0.6644

INDICE DE PINKAS

El Índice de importancia de Pinkas utilizado para determinar el valor de importancia de los recursos consumidos muestra que, para la temporada de secas tanto para hembras como machos los alimentos más importantes fueron los dípteros, copéodos y cladóceros (Tabla 6).

En tanto que, para las lluvias, los alimentos más importantes para las hembras fueron cladóceros, dípteros, copéodos y hemípteros, mientras que, para los machos fueron los cladóceros, copéodos y anfípodos (Tabla 7).

Tabla 6. Valor de importancia de Pinkas durante la temporada de secas.

<i>Tipos alimenticios</i>	IIR	
	<i>secas</i>	
	Hembras	Machos
<i>CLADÓCERA</i>	1.3568	1.7141
<i>COPÉPODA</i>	1.7267	2.3171
<i>GASTERÓPODA</i>	0.1164	0.0090
<i>AMPHIPODA</i>	0.1010	0.0296
<i>ISÓPODA</i>	0.0029	0.0021
<i>COLLEMBOLA</i>	0.0001	0.0003
<i>ODONATA</i>	0.0039	0.1011
<i>HEMÍPTERA</i>	0.3832	0.3944
<i>COLEÓPTERA</i>	0.7628	0.7684
<i>DÍPTERA</i>	2.4072	2.4094
<i>HYDRACHNIDAE</i>	0.0003	0.0003

Tabla 7. Valor de importancia de Pinkas durante la temporada de lluvias.

<i>Tipos alimenticios</i>	IIR	
	<i>Lluvias</i>	
	Hembras	Machos
<i>CLADÓCERA</i>	6.1446	14.1270
<i>COPÉPODA</i>	3.1923	13.2568
<i>AMPHIPODA</i>	0.5379	0.6760
<i>ISÓPODA</i>	0.2049	
<i>COLLEMBOLA</i>	0.0006	0.0005
<i>HEMÍPTERA</i>	2.3908	0.1320
<i>DÍPTERA</i>	4.1194	0.3780
<i>HYDRACHNIDAE</i>		0.0208
<i>HIMENÓPTERA</i>		0.0043

INDICE DE SELECTIVIDAD DE IVLEV

Las Tablas 8, 9, 11 y 12 muestran los valores obtenidos para la selectividad de los tipos alimentarios consumidos por *G. multiradiatus* en la Ciénega de Chignahuapan durante las temporadas de secas y lluvias, tanto en número como en biomasa. Además de los grupos que se registraron en el ambiente, pero no formaron parte de la alimentación del pez (Tablas 10 y 13)

Tabla 8. Valor de selectividad de Ivlev en términos de abundancia, durante la temporada de lluvias para hembras y machos.

	Abundancia en lluvias	Selectividad de Ivlev			
	Tipos alimenticios	Hembras	Clasificación	Machos	Clasificación
Zooplankton	Cladóceras	0.34	Seleccionado pero no preferentemente	0.32	Seleccionado pero no preferentemente
	Copépoda	-0.69	Consumido ocasionalmente	-0.58	Consumido ocasionalmente
Zoobentos	Amphipoda	-0.97	Consumido ocasionalmente	-0.97	Seleccionado pero no preferentemente
	Isópoda	-0.94	Consumido ocasionalmente		
	Collembola	1.00	Seleccionado preferentemente	1.00	Seleccionado preferentemente
	Hemíptera	-0.93	Consumido ocasionalmente	-0.98	Consumido ocasionalmente
	Díptera	-0.66	Consumido ocasionalmente	-0.95	Consumido ocasionalmente
	Hydrachnidae			-0.49	Consumido ocasionalmente
	Himenóptera			1.00	Seleccionado preferentemente

Tabla 9. Valor de selectividad de *Ivlev* en términos de biomasa, durante la temporada de lluvias para hembras y machos.

	Biomasa en lluvias		Selectividad de <i>Ivlev</i>		
	Tipos alimenticios	Hembras	Clasificación	Machos	Clasificación
Zooplankton	Cladóceras	0.18	Seleccionado pero no preferentemente	0.46	Seleccionado pero no preferentemente
	Copépoda	-0.77	Consumido ocasionalmente	-0.47	Consumido ocasionalmente
Zoobentos	Amphipoda	-0.39	Consumido ocasionalmente	-0.06	Consumido ocasionalmente
	Isópoda	0.30	Seleccionado pero no preferentemente		
	Collembola	1.00	Seleccionado preferentemente	1.00	Seleccionado preferentemente
	Hemíptera	0.78	Seleccionado preferentemente	0.55	Seleccionado preferentemente
	Díptera	0.82	Seleccionado preferentemente	0.45	Seleccionado pero no preferentemente
	Hydrachnidae			0.99	Seleccionado preferentemente
	Himenóptera			1.00	Seleccionado preferentemente

Tabla 10. Se muestran los grupos registrados en el zoobentos y que no fueron consumidos por *G. multiradiatus*

Organismos presentes en el ambiente y no consumidos

Gasterópoda	Coleóptera
Ostrácoda	Anélida
Decápoda	Tricladida
Ephemeroptera	Isópoda**
Hydrachnidae	Himenóptera*

*no consumido por hembras, **no consumido por machos

Tabla 11. Valor de selectividad de Ilev en términos de abundancia, durante la temporada de secas para hembras y machos.

	Abundancia en secas	Selectividad de Ilev			
		Hembras	Clasificación	Machos	Clasificación
Zooplankton	Tipos alimenticios				
	Cladóceras	0.21	Seleccionado pero no preferentemente	0.22	Seleccionado pero no preferentemente
	Copépoda	-0.39	Consumido ocasionalmente	-0.41	Consumido ocasionalmente
Zoobentos	Gasterópoda	-0.95	Consumido ocasionalmente	-0.99	Consumido ocasionalmente
	Amphipoda	-0.95	Consumido ocasionalmente	-0.95	Consumido ocasionalmente
	Isópoda	-0.99	Consumido ocasionalmente	-0.99	Consumido ocasionalmente
	Collembola	0.22	Seleccionado pero no preferentemente	0.39	Seleccionado pero no preferentemente
	Odonata	-0.99	Consumido ocasionalmente	-0.96	Consumido ocasionalmente
	Hemíptera	-0.92	Consumido ocasionalmente	-0.92	Consumido ocasionalmente
	Coleóptera	-0.90	Consumido ocasionalmente	-0.92	Consumido ocasionalmente
	Díptera	0.02		-0.09	
	Hydrachnidae	-0.47	Consumido ocasionalmente	-0.55	Consumido ocasionalmente

Tabla 12. Valor de selectividad de Ivlev en términos de biomasa, durante la temporada de secas para hembras y machos.

	Biomasa en secas	Selectividad de Ivlev			
	Tipos alimenticios	Hembras	Clasificación	Machos	Clasificación
Zooplankton	Cladóceras	-0.64	Consumido ocasionalmente	-0.56	Consumido ocasionalmente
	Copépoda	-0.88	Consumido ocasionalmente	-0.86	Consumido ocasionalmente
Zoobentos	Gasterópoda	-0.09	Consumido ocasionalmente	-0.73	Consumido ocasionalmente
	Amphipoda	0.36	Seleccionado pero no preferentemente	0.45	Seleccionado pero no preferentemente
	Isópoda	-0.84	Consumido ocasionalmente	-0.86	Consumido ocasionalmente
	Collembola	-0.95	Consumido ocasionalmente	-0.92	Consumido ocasionalmente
	Odonata	-0.66	Consumido ocasionalmente	0.03	
	Hemíptera	0.63	Seleccionado preferentemente	0.67	Seleccionado preferentemente
	Coleóptera	0.67	Seleccionado preferentemente	0.69	Seleccionado preferentemente
	Díptera	0.94	Seleccionado preferentemente	0.94	Seleccionado preferentemente
	Hydrachnidae	0.82	Seleccionado preferentemente	0.82	Seleccionado preferentemente

Tabla 13. Se muestran los grupos registrados en el zooplankton y zoobentos que no fueron consumidos por *G. multiradiatus*.

Organismos presentes en el ambiente y no consumidos

Rotífera	Anélida
Ostrácoda	Tricladida
Decápoda	
Ephemeroptera	

SIMILITUD DE DIETAS

En el caso de la temporada de lluvias en abundancia, se observaron 3 grupos a 43.3% de similitud, el grupo I, está conformado por hembras tiene el mayor consumo de cladóceros y dípteros que todos los demás grupos, además de que consume pocos tipos alimenticios. El grupo II está conformado por hembras y machos, se diferencia por el consumo de isópodos. Al tercer grupo III lo conforman hembras y machos, este se diferencia por el consumo de himenópteros.

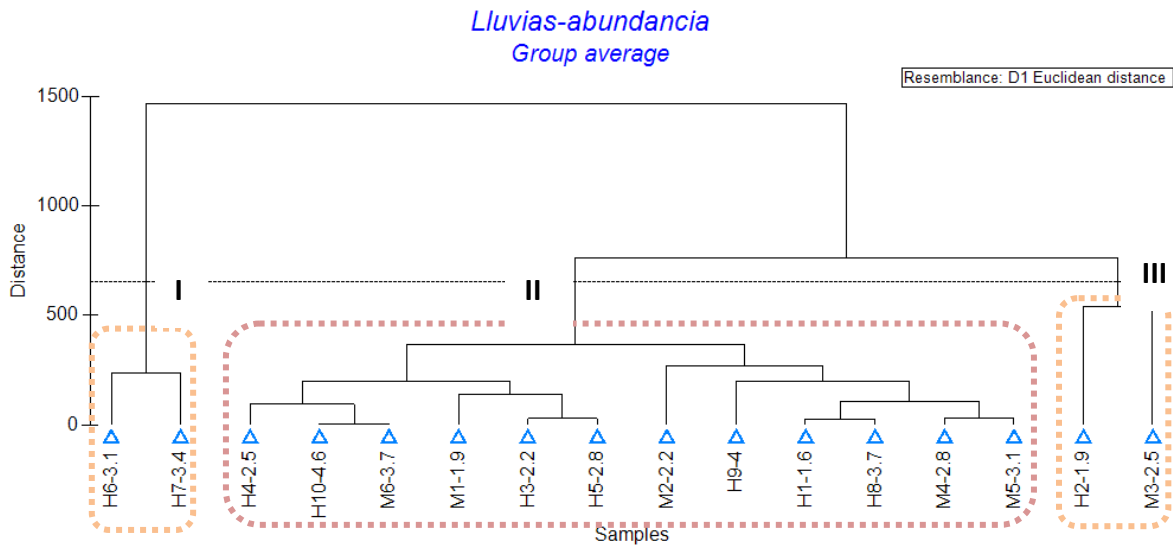


Figura 27. Similitud de dietas en abundancia, entre hembras y machos en la temporada de lluvias 2012.

En biomasa, para la temporada de lluvias se observan 5 grupos a una similitud de 34.8%, el grupo I el que consume mayor biomasa de dípteros, el grupo II consume la mayor cantidad de hemípteros. El grupo III es el que mayor biomasa de cladoceros consume. Estos tres grupos son compuestos por hembras.

El IV grupo esta compuesto por hembras y machos, en el se hace presente el consumo de himenopteros. El V grupo es compuesto casi totalmente por hembras y es el que consume mayor biomasa de hemipteros.

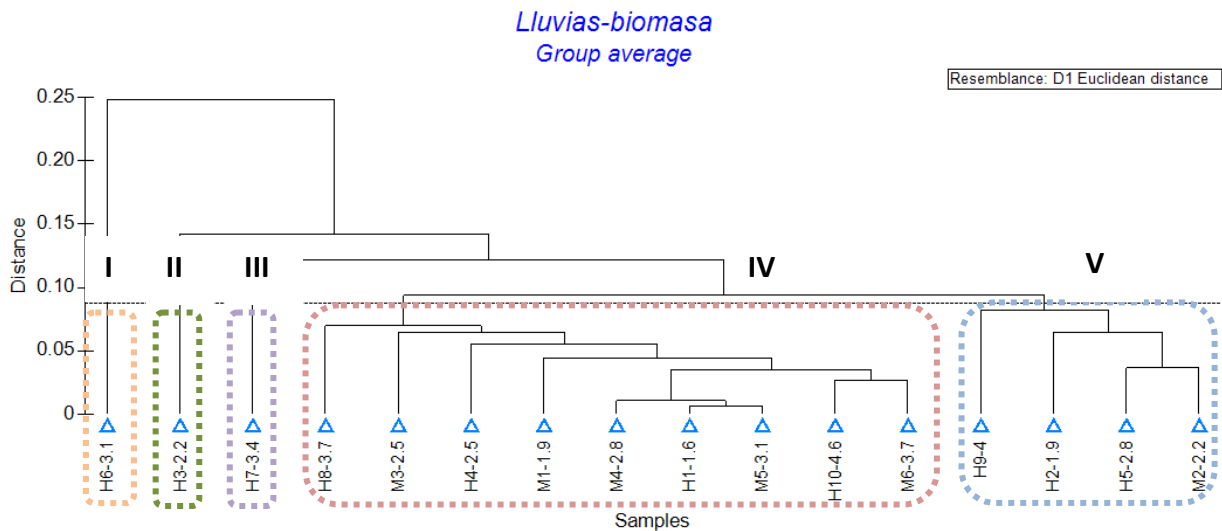


Figura 28. Similitud de dietas en biomasa, entre hembras y machos en la temporada de lluvias 2012.

En la temporada de secas, en abundancia se registraron un total de 4 grupos en 30% de similitud. El grupo I está formado casi en su totalidad por hembras, consume en general baja cantidad de cladóceros y copépodos, pero destacan por ser el único grupo en consumir gasterópodos. El grupo II presenta el menor consumo de hemípteros y también consume de odonatos, aunque no es el único.

Los grupos siguientes tienen el mayor consumo de cladóceros, copépodos, dípteros que los dos anteriores, además están compuestos por hembras y machos. El grupo III consume casi todos los tipos alimenticios, a excepción de gasterópodos y consume más odonatos que el anterior. El IV grupo consume menor número de tipos alimenticios, pero es el que tiene mayor consumo de cladóceros y copépodos que los demás.

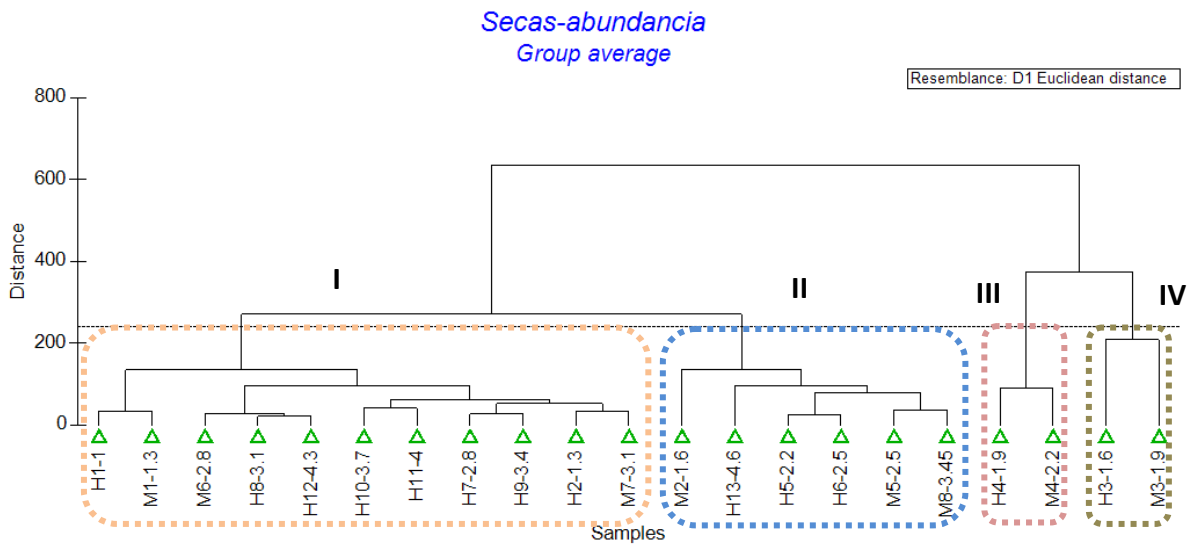


Figura 29. Similitud de dietas en abundancia, entre hembras y machos en la temporada de secas 2012.

En biomasa para la temporada de secas, se observan 4 grupos a 37.5% de similitud, El grupo I y II solamente están conformado por una talla, en ambos la mayor biomasa consumida es de coleópteros, además, en ellos se encuentra la mayor biomasa de cladóceros y hemípteros, para el grupo I, y de copépodos y colémbolos para el grupo II. Si se observa que es una sola talla.

El grupo III, sigue con un gran consumo de biomasa de coleópteros y solo aquí se presenta un consumo de biomasa de odonatos. En el IV grupo ya no hay consumo de biomasa de coleópteros, y aquí hay mayor biomasa consumida de isópodos.

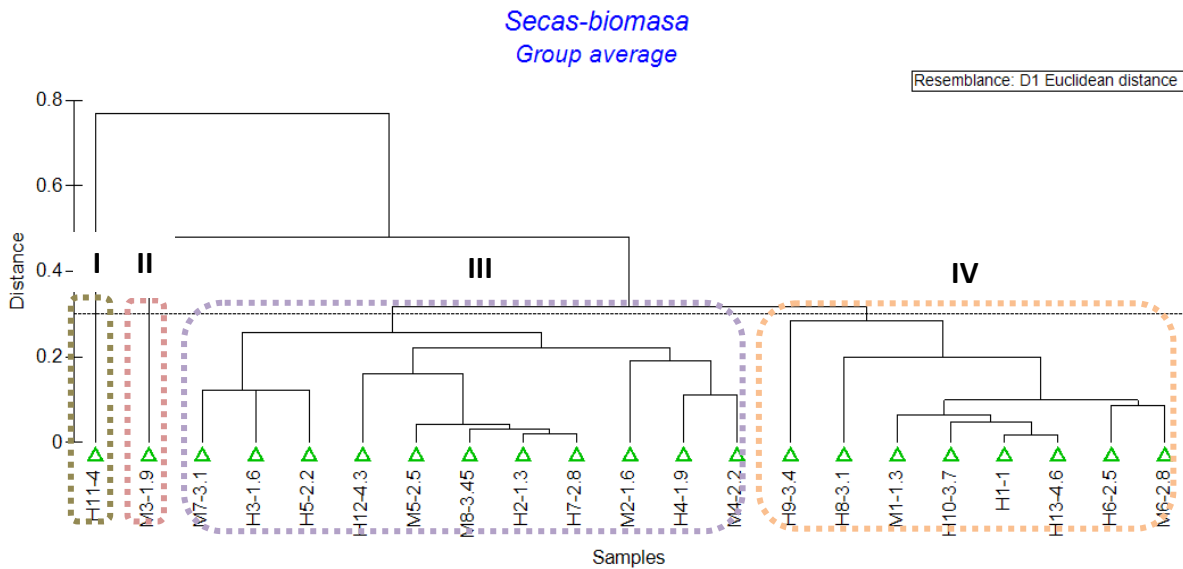


Figura 30. Similitud de dietas en biomasa, entre hembras y machos en la temporada de secas 2012.

ÍNDICE DE LONGITUD RELATIVA DEL INTESTINO

Se realizó el Índice de Longitud Relativa del Intestino a 126 peces, con los cuales se obtuvo un promedio de 0.56, esto indica que *G. multiradiatus* presenta una dieta carnívora, la Figura 34 presenta como es el intestino al obtenerlo.



Figura 34. Intestino de *G. multiradiatus*.

DISCUSIÓN.

PARAMETROS AMBIENTALES

La ciénaga de Chignahuapan es un sistema poco profundo, con un promedio de dos metros (Ceballos 2003), en el caso particular de nuestra área de estudio, la profundidad promedio fue de 48.5 cm, esta característica está asociada a la vegetación macrófita tanto litoral como sumergida, la cual afecta los valores de los parámetros como: temperatura, oxígeno, pH y conductividad en la columna de agua entre otros (Tabla 3), razón por lo cual y de acuerdo con algunos autores, actualmente las Ciénegas de Lerma se encuentran en un estado eutrófico variable (Pérez-Ortiz, 2005, Zepeda-Gómez, et al., 2012). Esto último, se confirma con los resultados de la escala Forel-Ule utilizada en el sistema y que tuvo un intervalo de color entre XIV a XXI, que marca colores típicos de ambientes eutrofizados, estos valores se acentúan más hacia el inicio de la temporada de secas. Otro parámetro que remarca las características de la Ciénega de Chignahuapan es el pH el cual registró un valor alcalino, lo cual, de acuerdo con algunos autores (Ceballos, 2003 y Macías, 2005) es una característica que típica de la región, debido al origen las Ciénegas del Lerma (Israde –Alcantara).

En general, los valores promedio de Profundidad, O₂, pH, y T° que reporta Ceballos (2003) para Chignahuapan no difieren de los registrados en el presente estudio ni de los reportados en los sistemas de Ignacio Ramírez (De la Cruz, 2010), Villa Victoria (Flores 2007), San Miguel Arco (Navarrete 2007), Salazar (Hernández, 2013) y Huapango (Cruz-Gómez et al., 2013). De tal manera que las condiciones en donde habita *Girardinichthys multiradiatus*, son en general similares en estos sistemas, incluyendo la condición alcalina.

La conductividad, que si bien, no la reporta Ceballos (2003), fue el parámetro más alto registrado hasta el momento con respecto a otros sistemas estudiados, condición normal si consideramos las características de profundidad y transparencia, los cuales fueron los parámetros más bajos de la Ciénega respecto a los otros sistemas antes mencionados.

Es conocido que tanto la altitud como la latitud influyen fuertemente las condiciones climáticas de una región, mientras que la geología y las descargas antrópicas, así como las pluviales controlan más la química del agua, condiciones que se observaron en la Ciénega de Chignahuapan durante las temporadas de Secas y Lluvias.

PARÁMETROS BIOLÓGICOS.

ZOOPLANCTON.

En la Ciénega de Chignahuapan existe una variedad de recursos disponibles como alimento para los peces, entre los que podemos mencionar están: el zooplancton, zoobentos y perifiton. Dentro del zooplancton destacan los cladóceros, copépodos y rotíferos. En el zoobentos los decápodos y gasterópodos, anfípodos, hemípteros, dípteros, isópodos, oligoquetos y odonatos. En cuanto al perifiton, si bien no se realizó un muestreo como tal para esta comunidad, pero debido a la baja profundidad de la Ciénega y al tipo de arrastre para la colecta del zoobentos, se registraron colémbolos y ácaros y ostrácodos, organismos típicos de esta comunidad (Figuras 2, 4, 6 y 8).

Con respecto al zooplancton, en primer lugar cabe mencionar, que si bien, de manera tradicional en el zooplancton epicontinental sólo se incluyen tres grupos principales; copépodos, cladóceros y rotíferos (Zambrano, 2007; Elías-Gutiérrez, 2014), los otros grupos reportados, fueron considerados dentro esta comunidad debido al tipo de muestreo que se realizó para la toma de la muestra de agua y su posterior filtrado, y a que diversos autores entre ellos Roldan y Ramírez (2008) mencionan que es común encontrar larvas de insectos de odonatos, dípteros, hemípteros y coleópteros dentro de la comunidad zooplanctónica, Las figuras 2 y 6 de la abundancia relativa del zooplancton muestran algunas diferencias en cuanto a los grupos dominantes y como se puede observar, los más abundantes son los cladóceros y copépodos seguidos de los dípteros durante las dos temporadas, solo se invierten los valores en secas siendo los cladóceros los dominantes; la única diferencia la hacen los rotíferos que solo aparecen en secas. Claro está, que al parecer, son las características eutróficas del sistema las que favorecen el desarrollo de estos grupos incluyendo los rotíferos (González de Infante, 1988). Datos semejantes se reportan en otros embalses como el de Antonio Alzate, también en el Estado de México (Suárez-Morales et al. 1993) y el bordo Huitchila en el Estado de Morelos (Gómez-Márquez et al. 2013), ambos sistemas con características de eutrofización.

El agua rica en nutrientes favorece más el desarrollo de cladóceros y copépodos. En general se calcula que los copépodos pueden presentar entre el 35 y 50% de la biomasa del zooplancton. Los cladóceros suelen superar en biomasa a los copépodos ya que sus ciclos son más cortos y a que solo dominan bajo condiciones muy eutróficas (Roldan y Ramírez, 2008); en este caso, en la Ciénega de Chignahuapan puede verse claramente estas condiciones sobre toda durante las secas.

Como se puede observar en los gráficos, hay poca diferencia en cuanto a los resultados por abundancia relativa en ambas temporadas, pero, con relación a la biomasa, se nota una clara diferencia cuando consideramos el resto de los grupos, sobre todo el de los insectos que son más evidentes por el tamaño y peso de estos, es obvio que una copépodo pesa mucho menos que una larva de insecto, de ahí las diferencias.

Esto puede observarse sobre todo con algunos grupos, principalmente los insectos y de los cuales los dípteros y hemípteros son los que están mejor representados en biomasa seguidos de los crustáceos como, los anfípodos e isópodos. Si bien los copépodos y dípteros son los más dominantes durante las lluvias, en secas, el orden se invierte siendo los dípteros los que ocupan el primer lugar en cuanto a biomasa. Haciendo de lado a los copépodos y cladóceros, podemos observar que grupos como los dípteros, anfípodos e isópodos aparecen con mayor biomasa en lluvias mientras que en secas, después de los dípteros son los hemípteros y anfípodos los que dominan en ese orden (Figuras 3 y 7). Esta diferencia posiblemente tenga que ver con la ubicación geográfica y la temperatura del sistema, factores que afectan las actividades metabólicas y reproductivas de los organismos. (Gómez-Márquez et al. 2013),

Sin embargo, es necesario remarcar que, para el estudio del zooplancton dulceacuícola, cualquiera de los dos métodos, numérico o biomasa, son válidos siempre y cuando se especifiquen los objetivos, sin embargo, cuando se habla de producción, es mejor realizar el análisis desde el punto de vista de biomasa, si se tienen las posibilidades de realizarlo.

ZOOBENTOS.

En cuanto a la fauna bentónica, en general es la zona litoral la que contiene mayor número de especies de macroinvertebrados en los ambientes lénticos (Hanson, et al., 2010). Los grupos mejor representados son los siguientes: anélidos, moluscos, crustáceos e insectos (Figuras 4 y 8). Aunque diversos autores mencionan que grupos como ácaros, colémbolos y ostrácodos pertenecen más bien al perifiton.

El término bentos o zoobentos, se refiere a todos aquellos organismos que viven en el fondo de los lagos o ríos adheridos a sustratos como rocas plantas acuáticas o enterrados en el sustrato, sin embargo y dadas las características de los organismos capturados más bien se les conoce como macroinvertebrados (Roldan y Ramírez, 2008)

Dentro de los cuerpos de aguas continentales, los macroinvertebrados bentónicos han recibido una gran atención en los estudios de los ecosistemas dulceacuícolas,

principalmente por su importancia como eslabones tróficos intermediarios entre los productores primarios y consumidores como por ejemplo peces y también son destacados por su actual utilidad como indicadores biológicos.

En general se reportan 13 taxones para lluvias y 14 para secas de los cuales en ambas temporadas las mayores abundancias corresponden a los anfípodos seguidos de los anélidos y hemípteros en lluvias; los isópodos aparecen en segundo lugar en vez de los anélidos para las secas (Figuras 4 y 8). Sin embargo, en términos de biomasa, se nota una clara diferencia en la dominancia de los grupos, ya que son los moluscos los mejor representados seguidos de los insectos y posteriormente de los crustáceos (Figuras 5 y 9).

Se puede observar que hubo una relación entre los ciclos que presenta la Ciénega durante las dos temporadas y la abundancia del zoobentos, ya que en los meses correspondientes al inicio de la época de secas se presentaron los valores más altos y con un mayor número de grupos, decreciendo hacia el inicio de la temporada de lluvias. Esto coincide con lo reportado en otros sistemas como la “Laguna de Zempoala en Morelos y “Laguna Seca” en Guerrero (Quiroz Castelán et al., 2009).

Roldan y Ramírez (2008) mencionan que la producción de esta fauna se incrementa con la eutrofización de lagos, embalses y ríos. Normalmente lagos eutrofizados con litorales poco profundos son los medios más adecuados para el desarrollo de las extensas zonas de vegetación acuática, condiciones similares a las que presenta la Ciénega, por sus bajas profundidades y extensas áreas de vegetación. Lugares de esta naturaleza son propicios para el desarrollo de una gran variedad de macroinvertebrados, zooplancton, perifiton y para el desove de peces.

El análisis numérico puede ser una buena forma de establecer abundancias relativas, ya que requiere del menor tiempo y equipo, pero tiene el inconveniente de ser inadecuado cuando un componente significativo de la dieta no ocurre en unidades discretas de tamaño. Por lo que debe complementarse con análisis gravimétricos o volumétricos. También proporciona poca información sobre el valor nutricional de la dieta, otorgándole el mismo valor, por ejemplo, a un copépodo que, a una larva de insecto, por lo que, sus datos en caso de que la dieta sea muy variada, carecen de significado nutricional.

Sin embargo, como ya se mencionó anteriormente, cualquiera de los dos métodos, numérico o biomasa, son válidos siempre y cuando se especifiquen los objetivos.

Girardinichthys multiradiatus.

En este estudio se colectaron 2005 organismos siendo mayor número de hembras que de machos en ambas temporadas (Figura 10), con una proporción de sexos semejante a la reportada por Cruz-Gómez, et al. (2010, 2011 y 2013) en San Martín, Querétaro, Villa Victoria, y Huapango, Estado de México. Esta proporción sexual, tratándose de organismos vivíparos es común y así lo reporta Snelson (1989), quien menciona que en poblaciones silvestres de poecilidos, vivíparos y ovovivíparos la proporción sexual favorece a las hembras, con lo cual aseguran la reproducción. En este sentido, la mayor proporción de organismos para el análisis del contenido estomacal también fue de hembras (Figura 11).

CONTENIDO ESTOMACAL.

De los recursos disponibles en el ambiente y de los cuales *G. multiradiatus* hace uso en su alimentación, destacan los cladóceros y copépodos, siendo estos los componentes alimenticios más consumidos tanto en hembras y machos de ambas temporadas, quizá debido a que, en agua dulce, los crustáceos planctónicos son dominantes, principalmente los cladóceros y copépodos (Wetzel, 2001). Las hembras en la temporada de lluvias consumieron siete tipos alimenticios, mientras que los machos ocho tipos, siendo dípteros y anfípodos los que ocuparon el tercer lugar de consumo respectivamente (Figuras 14 y 16). Por otro lado, durante la temporada de secas se consumieron 11 tipos alimenticios, y el alimento con mayor consumo para ambos sexos fueron los dípteros ocupando el tercer lugar de consumo (Figuras 22 y 24). Este mayor consumo de tipos alimenticios, se debe básicamente, a que es en esta temporada cuando hay un mayor número de taxones dada las características del sistema que ya hemos mencionado.

Datos semejantes reportan Flores (2007) y De la Cruz (2010), quienes mencionan que los cladóceros, copépodos y dípteros tuvieron el mayor porcentaje de consumo y se presentaron durante todo el año. Estudios realizados por Navarrete, et al., (2006) y Navarrete-Salgado (2007) en los embalses de San Miguel Arco y La Goleta, reportan que los alimentos más consumidos por *G. multiradiatus* son dípteros y copépodos. Así mismo, Trujillo-Jiménez (2006) en Lagunas de Zempoala hace hincapié en el consumo de insectos por parte de esta especie, siendo dípteros, himenópteros y colémbolos los que presentaron mayor porcentaje de consumo.

Sin embargo existen algunas diferencias en cuando a lo registrado en la alimentación de la especie en estos estudios, por ejemplo, Flores (2007) y De la Cruz (2010) registraron el consumo de efemerópteros, ostrácodos, plecópteros y

tricópteros, mientras que, Trujillo-Jiménez (2006) reporta el consumo de efemerópteros, tisanópteros e inclusive peces. De éstos, solo los efemerópteros y ostrácodos fueron registrados como parte del zoobentos en este estudio (Figuras 4 y 8). Estas diferencias probablemente sean debidas al tipo de ambiente en que fueron realizados estos estudios, ya que como hemos mencionado, Chignahuapan es el ambiente más eutrofizado que los demás, por lo que la presencia de tricópteros no fue registrada, en el caso de los tisanópteros que reporta Trujillo-Jiménez (2006) pudiera ser, ya que este organismo es volador y común sobre la vegetación y Zempoala presenta una región boscosa alrededor, por lo que es probable que al igual que algunos himenópteros reportados en el presente trabajo sean accidentales y al caer en el agua sean consumidos por el pez.

Los cladóceros y copépodos anfípodos y dípteros fueron consumidos casi en todas las tallas y en ambas temporadas (Figuras 18, 20, 26 y 28). El hecho de que *G. multiradiatus* consuma estos grupos, es debido a las condiciones que presenta su hábitat, ya que actualmente y como se ha mencionado, las Ciénegas de Lerma se encuentran en un estado eutrófico variable (Pérez-Ortiz, 2005, Zepeda-Gómez, et al., 2012) y de acuerdo con Matsumura-Tundisi et al., (1990) los ambientes acuáticos eutrofizados ofrecen mayor diversidad de recursos, lo que permite a los organismos zooplanctónicos que allí habitan tengan una mayor especialización sobre los nichos ecológicos. Debido a ello, la presencia de estos taxones es característico en ambas temporadas, pero sobre todo en secas.

Además, algunos estudios han demostrado el excelente valor nutricional de estos organismos zooplanctónicos, tanto silvestres como cultivados con el 50% a 74% de proteína (Martínez, et al., 2010). Por otro lado, se considera que en los sistemas lénticos tropicales los peces ejercen un control casi permanente del zooplancton, ya que su extenso período reproductivo favorece la presencia de estadíos juveniles a lo largo del año, los cuales se consideran predominantemente zooplanctófagos (Zaret, 1980; Wootton, 1990; Lazzaro, 1992, 1997), tal y como fue observado en este trabajo en las tallas menores a los dos centímetros.

Se ha mencionado que el consumo de dípteros quironómidos los cuales tienen un alto contenido proteico, son indispensables para un rápido crecimiento de los peces, además de que ayudan a aumentar sus posibilidades de supervivencia y éxito reproductivo Cházaro (1989), y como se puede observar en este trabajo, el consumo de insectos y específicamente dípteros se va incrementando hacia las tallas medias (Figuras 18, 20, 26 y 28), durante el crecimiento y reproducción, como lo reporta Cruz, et al. (2010). Siendo la primera talla de reproducción para las hembras a partir de los 30 mm de longitud esto hace suponer que el consumo de dípteros durante su crecimiento juega un papel importante para el desarrollo de esta especie.

Las proteínas, además de ser esenciales para el crecimiento, son una importante fuente de energía para los peces, a diferencia de los organismos terrestres, quienes utilizan los carbohidratos como fuente principal de energía (Moyle and Cech, 2000). En este sentido, no solamente los dípteros aportan los requerimientos de proteína de la especie, también lo hacen los demás insectos e inclusive los componentes del zooplancton, por ello es importante que los peces puedan adquirir los nutrientes de diferentes fuentes.

Por otra parte, se observó que, en términos de biomasa, en la temporada de lluvias las hembras consumieron más hemípteros y dípteros, los primeros presentándose en tallas medias, y los dípteros hacia tallas más grandes (Figura 15 y 19); en los machos el mayor consumo de biomasa se obtuvo de copépodos y cladóceros, los primeros en las tallas más pequeñas y los cladóceros de las tallas medias (Figuras 17 y 21). En secas, las hembras consumieron en biomasa una mayor cantidad de coleópteros, dípteros y gasterópodos, los primeros en tallas pequeñas para seguir más tarde en las más grandes, además de dípteros en prácticamente todo el desarrollo y los gasterópodos en las tallas más grandes (Figuras 23 y 27).

En machos el consumo de biomasa fue a base de coleópteros, dípteros y hemípteros, el primero se presentó en las primeras tallas y en la última, los dípteros se consumieron más en las tallas medias y los hemípteros en casi todas. (Figuras 25 y 29). En este sentido, pudo observarse que el consumo de alimentos vario a lo largo de todo el desarrollo de *G. multiradiatus*. Por ello también hay que tener en cuenta los efectos de la talla del pez, ya que, el consumo del alimento está directamente relacionada con el crecimiento del pez, es decir, la talla de las presas ingeridas aumenta con la talla del pez (García de Jalón, et al., 1993). En el caso particular de los machos y dada su condición de dimorfismo sexual (son más pequeños que las hembras) podría justificarse su mayor consumo de copépodos y cladóceros en todas las tallas en ambas temporadas y completándose en secas con dípteros pequeños.

Muchos peces se adaptan a una amplia variedad de fuentes de recursos (adaptabilidad trófica) y frecuentemente cambian de una fuente alimenticia a otra en la medida en que cambie la calidad y abundancia del alimento de acuerdo a las condiciones ambientales y de disponibilidad del mismo (Martínez y Ríos). De esta manera se puede observar la importancia que tienen los insectos en la dieta de *G. multiradiatus*, y de manera similar lo reportan Trujillo-Jiménez (2006) y Cruz-Gómez (2005).

De acuerdo con Matsumura-Tundisi et al. (1990) los ambientes acuáticos eutrofizados ofrecen una mayor diversidad de recursos y claramente las condiciones de la Ciénega de Chignahuapan favorecen que en ella exista una

gran variedad de recursos disponibles para los peces. A pesar de ello, se ha reportado que el uso del zooplancton como recurso alimenticio pareciera también que está condicionado a la disponibilidad de otros tipos de alimentos como el que ofrece la comunidad del zoobentos, lo cual dependerá, en parte, de las características físicas de cada ambiente (Ortiz, et al., 2006).

ANÁLISIS DE LA ALIMENTACIÓN.

El análisis de contenido estomacal es una herramienta valiosa para inferir como, en una cadena trófica, los peces interactúan con otras especies, animales y vegetales, y con su medio (Krebs, 1989). La descripción y cuantificación de la dieta de organismos acuáticos es la base para comprender como ocurren los ciclos energéticos, de esta forma podemos estimar como los peces utilizan los recursos disponibles en su medio, si compiten por recursos con otros organismos, y cuál es la posición que ocupan dentro de la red trófica (Silva, et al., 2014).

Las fases cuantitativa y cualitativa son fundamentales en cualquier análisis de contenido estomacal en peces. Independientemente de la metodología empleada, los dos atributos que debe incluir cualquier trabajo son, la frecuencia de ocurrencia, la abundancia y volumen o peso de la presa. Para la cuantificación de los componentes del contenido estomacal se han adaptado y desarrollado una gran cantidad de técnicas, desde el uso del porcentaje de los tipos alimentarios, el empleo de índices ecológicos hasta el desarrollo de métodos gráficos.

Entre los análisis realizados, se encuentra el de la amplitud de nicho, que en pocas palabras nos dice que tan generalista o especialista puede ser nuestro pez, y utilizando los resultados tanto numéricos como en biomasa se puede apreciar la diferencia en el empleo de estos datos.

Yañez-Arancibia, et al., (1976) mencionan que el empleo de valores numéricos podría sobrestimar a los organismos pequeños y es básicamente lo que se nota en estos resultados. La amplitud de nicho en abundancia es baja dada la dominancia en el consumo por los copépodos y los cladóceros y la tendencia sería especialista con un régimen alimenticio zooplanctófago (Tabla 4). En cambio, con biomasa, la tendencia es hacia generalista ya que no se nota una dominancia marcada de algún tipo alimentario a pesar de que durante la temporada de secas se incrementó el número de tipos alimenticios consumidos tanto por hembras como por machos (Tabla 5), esto debido a que usar los datos en biomasa les dio mismo valor a organismos de diferentes tamaños, por lo que sería conveniente en la medida de lo posible, utilizar para este índice valores ya sea en volumen o biomasa.

Otro índice utilizado en el análisis del contenido estomacal es el índice de Pinkas modificado por Yañez-Arancibia, et al.,(1976) nos dice en cierta forma cuales son los tipos alimentarios más importantes en la dieta del pez y que, en este caso, no necesitó ninguna adecuación ya que su algoritmo utiliza, ya sea volumen o biomasa, y mostró que tanto para hembras y machos en la temporada de secas los componentes alimenticios más importantes para *G. multiradiatus* fueron cladóceros, copépodos e insectos (Tabla 6). En lluvias igualmente lo fueron cladóceros y copépodos en ambos sexos, y además de los insectos, los anfípodos son un complemento importante en la dieta de ambos sexos (Tabla 7). En este caso, el método modificado de Pinkas, es muy útil, ya que la frecuencia y el volumen (en este caso biomasa) del alimento, son considerados los parámetros más importantes en el estudio de la alimentación de los peces. Por ello la importancia de manejar los datos en término de biomasa, ya que así se puede observar mejor el papel que juegan los diferentes grupos en la alimentación.

El hecho de que cladóceros y copépodos aparezcan como los tipos alimenticios más importantes (Tablas 6 y 7), puede interpretarse como alimentación “pasiva”, en el sentido de que entran a formar parte de la dieta, pero sin que exista una localización y captura por parte del pez, sino más bien, como consecuencia de la abundancia de la presa en el medio y que es ingerida junto con otras presas buscadas activamente (Granado, 2002).

En el caso de los dípteros, que tienen más de una generación al año, representan una mayor importancia como *ítem* alimenticio para las especies carnívoras, que aquellas que solo tienen una generación anual, esto pudo verse reflejado en el presente estudio ya que los dípteros se presentaron prácticamente en todo el año y fueron parte importante de la alimentación de *G. multiradiatus*, además de presentar un mayor consumo hacia las etapas de reproducción (Figuras 4, 8, 19, 21, 27 y 29) (Roldan y Ramírez, 2008).

SELECTIVIDAD.

Para complementar el análisis del alimento se utilizó la selectividad de Ivlev, el cual a diferencia de Pinkas, considera el alimento disponible en el ambiente. En este sentido, se mencionó que los recursos que están disponibles en la Ciénega para el pez amarillo, corresponden básicamente a tres niveles: zooplancton, zoobentos y perifiton, aunque este último, se consideró dentro del zoobentos para su análisis. Así mismo, se mencionó que para su comparación los resultados se expresarían tanto en abundancia relativa como en biomasa relativa y para ambos casos se nota una diferencia.

El análisis del zooplancton y considerando sólo a los cladóceros y copépodos, arrojó que en ambas temporadas ambos fueron abundantes tanto en número como en biomasa, tanto en el ambiente como en el estómago y por ese mismo hecho no hubo una selectividad preferente, el consumo de los cladóceros fue seleccionado, pero no preferente mientras que los copépodos su consumo fue ocasional, (Tablas 8, 9, 11 y 12).

Para el caso del zoobentos, en lluvias el consumo preferente lo presentaron organismos poco abundantes o “raros”; uno perteneciente al perifiton (colémbolo) y otro que no se registró en los análisis de zoobentos (himenóptero) y que no pertenece al medio acuático ya que es un organismo volador. Esto es una de las particularidades del método de Ivlev, ya que necesariamente los organismos consumidos de una forma “accidental” o “fortuita” y que no figuran de forma notoria en el ambiente como en el caso de estos organismos, siempre serán catalogados como seleccionados preferentemente al no encontrarse en abundancia en el medio, ya sea porque no forman parte de él, o que el muestreo no fue enfocado hacia ese tipo de organismos, como en el caso de los pertenecientes al perifiton. Sin embargo, en los casos de biomasa se presentaron como consumidos preferentemente, algunos insectos como los hemípteros y dípteros (Tablas 8 y 9).

En secas se siguió el mismo patrón ya que en términos de abundancia no hubo preferencia por ningún tipo alimenticio. Igualmente, en términos de biomasa se presentó un consumo preferente de hemípteros, dípteros y coleópteros (Tabla 11 y 12). Además, y como siempre sucede, no todos los recursos del medio son aprovechados por los consumidores y en este caso se identificaron otros componentes tanto de del zooplancton como del zoobentos que no se presentaron en la alimentación de *G. multiradiatus* (Tablas 10 y 13).

En los embalses se ha observado que la cadena trófica es poco diversa, debido a la reducción de hábitats y a causa de las variaciones del nivel del agua. La producción del fitoplancton y zooplancton no es explotada eficientemente por los peces, y como materia muerta sedimenta en el fondo, siendo canalizado un gran porcentaje de la energía disponible en el sistema a través de la vía detritica y bentónica (Granado, 2002), esto se ve reflejado en las larvas de insectos, las cuales aprovechan mucho del bentos y estos aportan la mayor biomasa consumida por parte de *G. multiradiatus* (Figuras 3, 5, 7 y 9). Pero que, de acuerdo al análisis alimenticio en abundancia relativa, no son seleccionados preferentemente.

Como se ha mencionado anteriormente la selección de un tipo de presa depende también de otros factores además de su abundancia relativa, como son: el movimiento de la presa, contraste de ésta con el fondo, exposición de la presa

ante el depredador, probabilidad de captura, probabilidad de encuentro, etc. (García de Jalón, et al., 1993).

SIMILITUD DE DIETAS.

Los resultados obtenidos, muestran poca similitud entre los sexos y tallas de los peces, si bien, en general todos los organismos analizados consumen tanto copépodos como cladóceros, las diferencias las marcan los otros grupos consumidos, de tal forma que esto indica, que *G. multiradiatus* es una especie generalista en sus hábitos tróficos, lo cual también queda en evidencia debido a los bajos niveles de sobreposición trófica como se muestra en los dendrogramas (Figuras 30, 31, 32 y 33);

En este sentido, es notorio que los mayores valores de similitud se hayan presentado en los organismos, cuyo contenido estomacal tenían, o bien poca abundancia o pocos tipos alimentarios, pero el patrón general correspondía a copépodos o cladóceros. A partir de estos núcleos los que se fueron anexando fueron aquellos en que se iba incrementando tanto su abundancia como en el número y tipo de presas. Otra observación al respecto, es precisamente el comportamiento alimentario de los peces, esto es que no todos los peces, tanto por sexos como por tallas, tenían el estómago lleno en el momento del muestreo y esto podría ser un indicativo de que los peces, no solo han desarrollado mecanismos tendientes a una mejor explotación del recurso sino también mecanismos fisiológicos de digestión, ritmos diarios y estacionales en su alimentación (Granado, 2002). De ahí que muchos autores consideren muestreos en ciclos de 24 horas a intervalos de 2 horas, para poder para conseguir la mayor información del pez capturado, y obtener mejor comprensión en el comportamiento alimentario de los peces (García de Jalón, et al., 1993).

Sin embargo, hay que dejar en claro que, en este estudio, los análisis de similitud están basados en el porcentaje de la importancia relativa de la categoría del alimento, tanto en peso como en biomasa, y sus variaciones como se mencionó anteriormente, están sujetas a los cambios temporales en la dieta observados en el presente trabajo y entre otras cosas probablemente debido a condiciones de su hábitat y por lo tanto de la disponibilidad de las presas y comportamiento del pez.

Los peces, en contraste con la mayoría de otros grupos faunísticos, presentan gran plasticidad trófica y muestran diferentes hábitos alimenticios en relación con la disponibilidad del alimento y ontogénicamente como respuesta a sus requerimientos fisiológicos y nutricionales que pueden ser distintos en la historia de vida del predador (Wootton, 1990). En efecto, Wootton (1990) señala que las

variaciones ontogénicas en la alimentación de cualquier pez están ligadas estrechamente a los estados de madurez de éstos.

Cada especie de pez está adaptada a una alimentación o comida en particular, sin embargo, la adaptación a la alimentación o a una dieta en particular no permanece en toda la vida del organismo, salvo para algunas especies. Estos cambios en la composición del alimento, corresponde a los cambios ontogénicos que toman lugar en las estructuras de alimentación y órganos digestivos. (Nikolsky,1974). Este mismo autor menciona que los peces sufren significativas modificaciones morfológicas a lo largo de su vida, como el cambio en la longitud relativa del tubo digestivo o el aumento de tamaño de boca y algunas de ellas pueden derivar en cambios en el nivel trófico. Esto trae como consecuencia, que la alimentación en los diferentes sexos y tallas difiera a lo largo del año y de ahí los bajos valores de similitud como lo aquí observado.

POSICION TRÓFICA.

Por otra parte, y con base en lo anterior, es sabido que los peces pueden clasificarse con base en sus hábitos alimenticios, pudiendo ser detritívoros, herbívoros, carnívoros u omnívoros y en este sentido, la longitud del tracto digestivo está estrechamente relacionada con el tipo de alimento. Entre los peces que no tienen el estómago, el intestino comprende más del 100 % en los herbívoros y menos de 100 % de la longitud del cuerpo en los carnívoros, que si presentan estómago. (Nikolsky, 1974). Especies que se alimentan de detritos y algas, las cuales consumen un gran porcentaje de material indigerible (como arena, lodo o celulosa) generalmente tienen intestinos largos con mayor superficie de absorción, mientras que las especies de peces carnívoros tienden a tener intestinos cortos.

Sin embargo, entre los peces carnívoros, la longitud del intestino usualmente es mayor en aquellos que se alimentan de pequeños organismos (relativos a su talla), que en los que se alimentan de presas grandes (Moyle y Cech, 2000). Al realizar el índice de Longitud Relativa del Intestino a 126 peces, se obtuvo un promedio de 0.56, el cual con base a lo antes descrito nos arroja que *G. multiradiatus* es un pez carnívoro (Pineda, et al., 2012), el cual de acuerdo también al tipo de alimentación puede ser catalogado dentro del tercer nivel trófico como un pez carnívoro primario (García de Jalón et al. y Day y Yáñez-Arancibia, 1993, 1985).

Generalmente los consumidores carnívoros muestran una clara tendencia a comer presas más grandes a medida que van creciendo (Shirota, 1970; Keast, 1985), como se pudo observar en este trabajo al analizar la dieta por tallas. Además,

también el cambio en el comportamiento alimentario de los peces, se puede producir por los cambios estacionales en la disponibilidad del alimento, por la competitividad interespecífica o bien por el cambio de hábitat (García de Jalón, et al., 1993).

Es importante considerar la observación de las estructuras morfológicas de los organismos que puedan apoyar para una adecuada catalogación de la especie en cuanto a sus hábitos alimenticios y posición trófica. Así mismo, de una cuidadosa inspección de los tipos alimenticios que se consumen, en este trabajo se registró la presencia de algas en los intestinos de *G. multiradiatus*, pero haciendo una inspección detallada se observó que éstas, provenían del tracto digestivo de los dípteros, ya que debido al grado de digestión en el que se encontraban, quedaban expuestos los alimentos que éstos habían consumido. Se ha reportado el consumo de algas por parte de *G. multiradiatus*, catalogándolo como pez omnívoro, sin embargo, en este estudio pudo observarse que las algas provenían de los tipos alimenticios que este consume, por ello es importante, además de una observación detallada, apoyarse en la revisión de las estructuras involucradas en la alimentación de los peces para una mejor catalogación de ellos.

Debido a que existe una gran diversidad de índices y metodologías bien establecidas para el análisis de contenidos estomacales y que obedecen a supuestos y se ajustan a características propias de la especie, la mejor línea metodológica a seguir será aquella que mejor responda a la especie en estudio. En general, la mayoría de los reportes sobre alimentación se basan en los métodos numéricos y como lo mencionan Nikolsky (1974) y Yañez-Arancibia, et al. (1976), en estos casos pudiera haber una sobreestimación de los organismos pequeños y abundantes. Por lo que en este trabajo al utilizar los métodos tanto numéricos como de biomasa permitió establecer algunas diferencias y recomendaciones, sobre todo al aplicar algunos de los índices utilizados en el análisis.

Como se puede observar la alimentación en peces responde a un complejo sistema de adaptaciones pasadas y actuales, cuyo fin es obtener el máximo de ganancia neta de energía (Pyke, 1984). El estado evolutivo de las estructuras y órganos intervinientes en el proceso alimenticio, han originado que cualquier especie en el momento actual tenga las características ecológicas necesarias para explotar los recursos disponibles (Granado, 2002).

La investigación del contenido estomacal ha sido tradicionalmente un sector de actividad de la biología, pero es un sector en el que existen algunas dificultades para correlacionar los resultados. Estas investigaciones no pueden considerarse por separado, sino que tienen que discutirse en relación con todo el medio del que rodea a los peces y no como elementos aislados. Por lo tanto, hay que hacer un

breve análisis de los procesos más importantes de la ecología acuática, con referencia especial a la alimentación.

CONCLUSIONES

Los cambios en la estructura trófica de los peces que habitan en la Ciénega de Chignahuapan provienen principalmente de los cambios temporales que tiene el sistema en cada temporada climática (Secas y Lluvias) además de su heterogeneidad espacial.

Se registraron 12 tipos alimenticios consumidos por *Girardinichthys multiradiatus*, de los cuales 9 fueron consumidos en la temporada de lluvias y 11 en la temporada de secas. Siendo los más destacados numéricamente hablando, los cladóceros y copépodos, mientras que en biomasa lo fueron los dípteros, hemípteros, coleópteros y gasterópodos.

Al aplicar el Índice de Shannon para amplitud de nicho, el método numérico arrojó valores bajos debido a la dominancia del grupo de los cladóceros o copépodos, catalogando a la especie como especialista o estenófaga, en cambio cuando se utilizó la biomasa, los valores de Shannon, fueron altos, existiendo cierta homogeneidad en el consumo de los recursos y catalogando a la especie como generalista o eurífaga, lo cual es más común si consideramos el número de tipos de alimento consumidos por esta especie. Por lo cual, se recomienda en la medida de lo posible utilizar los valores de biomasa para este Índice.

En el caso del Índice de Pinkas modificado proporciona valores altos, por lo menos a tres o cuatro tipos tróficos dependiendo de la temporada climática, lo que le confiere también un carácter de generalista, al no ser un solo alimento su dieta principal.

En cuanto a selectividad de nivel en términos de abundancia solo fueron seleccionados preferentemente organismos no pertenecientes al zooplancton y zoobentos, como colémbolos e himenópteros, mientras que, en términos de biomasa se encontraron seleccionados preferentemente los insectos como los dípteros, hemípteros y coleópteros.

Los peces pueden cambiar su comportamiento como respuesta a los cambios en la disponibilidad del alimento o la distribución de la presa y esto se vio reflejado en los valores de los índices de similitud aplicados para tal efecto.

De acuerdo al análisis de alimentación y al índice de longitud relativa del intestino, se puede catalogar a *G. multiradiatus* dentro del tercer nivel trófico, como carnívoro primario.

Es importante, apoyarse en la revisión de las estructuras involucradas en la alimentación de los peces para una mejor catalogación de su posición trófica.

Finalmente, las investigaciones sobre alimentación en peces, no pueden considerarse por separado, sino que tienen que discutirse en relación con todo el medio que los rodea y no como elementos aislados.

LITERATURA CITADA

- Ceballos G., 2003. Ficha Informativa de los Humedales Ramsar (FIR). Instituto de Ecología, UNAM. México D.F. http://ramsar.conanp.gob.mx/docs/sitios/FIR_RAMSAR/Estado_de_Mexico/Cienegas_de_Lerma/Ci%C3%A9negas%20de%20Lerma.pdf (accesado en septiembre 24, 2015).
- Contreras M. T., 2005. Monitoreo de poblaciones de *Amblystoma zempoalensis*, *Girardinichthys multiradiatus* y *Cambarellus zempoalensis* dentro del área de protección de flora y fauna Corredor Biológico Chichinautzin, Parque Nacional Lagunas de Zempoala.
- http://chichinautzin.conanp.gob.mx/proy_esp_acuat.hatm accesado en noviembre 11, 2015).
- Cruz-Gómez A., A. Rodríguez-Varela y D. García-Martínez, 2005. Las larvas de insectos en la dieta de *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae) en el embalse Ignacio Ramírez, Estado de México. *Entomología Mexicana*, 4: 1002-1006.
- Cruz-Gómez A., A. Rodríguez-Varela y H. Vázquez-López, 2010. Madurez sexual y reproducción de *Girardinichthys multiradiatus* (MEEK, 1904) en un embalse del poblado de San Martín, Querétaro, México. *BIOCYT, Biología, Ciencia y Tecnología*, 3(9): 94-106 FES IZTACALA, UNAM.
- Cruz-Gómez A., A. Rodríguez-Varela y H. Vázquez-López, 2011. Aspectos reproductivos de *Girardinichthys multiradiatus* (MEEK, 1904). *BIOCYT, Biología, Ciencia y Tecnología*, 4(13): 215-228 FES IZTACALA, UNAM.
- Cruz-Gómez A., A. Rodríguez-Varela y H. Vázquez-López, 2013. Reproductive Aspects of Yellow Fish *Girardinichthys multiradiatus* (Meek, 1904) (Pisces: Goodeidae) in the Huapango Reservoir, State of Mexico, Mexico. *American Journal of Life Sciences*, Vol. 1 (5) Pp. 189-194.

- Cházaro O. S., 1989. Estudio sobre algunos aspectos de la biología del Charal *Chirostoma jordani* en el embalse Trinidad Fabela, Estado de México. (Tesis de Licenciatura en Biología, ENEP. Iztacala, UNAM. México.)
- Chu H. F., 1949. How to Now The Inmature Insects. W. M. C. Brown Company Publishers, Dubuque Iowa. USA. 234 p.
- Day, J.W. y A. Yáñez-Arancibia, 1985. Coastal lagoons and estuaries as an environment for nekton, In: Fish community ecology in estuaries and coastal lagoons: Toward and ecosystem integration. Edit by A. Yañez-Arancibia. DR UNAM Press, México. Pp 17-34.
- De la Cruz R. G., 2010. Características tróficas de *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae) del embalse Ignacio Ramírez, Estado de México. (Tesis de Licenciatura. FES IZTACALA, UNAM, México). 191 p.
- De la Vega-Salazar M.Y., 2006. Estado de conservación de los peces de la familia Goodeidae (Cyprinodontiformes) en la mesa central de México. Revista de Biología Tropical, 54 (1): 163-177.
- Elías-Gutiérrez M., 2014. Zooplancton de agua dulce: especies exóticas, posibles vías de introducción, en: R. Mendoza y P. Koleff (coords.), Especies acuáticas invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, Pp. 309-315
- Flores M. I., 2007. Aspectos tróficos de *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae) pez endémico del altiplano mexicano en el embalse Villa Victoria, Estado de México. (Tesis Licenciatura. FES IZTACALA, UNAM, México). 107 p.
- García de Jalón L. D., M. R. Mayo, F. R. Hervella, E. C. Barcelo y T. C. Fernández, 1993. Principios y técnicas de gestión de la pesca en aguas continentales. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 247p.
- Gómez-Márquez J. L., B. Peña-Mendoza, J. L. Guzmán-Santiago y V. Gallardo-Pineda, 2013. Composición, abundancia del zooplancton y calidad de agua en un microreservorio en el estado de Morelos. Hidrobiológica, 23 (2) Pp. 227-240.
- González de Infante A, 1988. El plancton de aguas continentales. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Monografía N° 33. Washington D.C., EEUU.
- Granado L. C., 2002. Ecología de Peces. Universidad de Sevilla. Secretariado de Publicaciones de Sevilla. España. 361 p.

- Gutiérrez-Yurrita P. J. y J. A. Morales-Ortiz, 2004. Síntesis y perspectivas del estatus ecológico de los peces del estado de Querétaro (Centro de México) En: Ma. L. Lozano Vilano y A. J. Contreras-Balderas (Comp.). Homenaje al Doctor Andrés Reséndez Molia. Un ictiólogo mexicano. Dirección de Publicaciones Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México. Pp. 217-234.
- Hanson P., Springer M. y A. Ramírez, 2010. Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. Revista de Biología Tropical, 58 (4): Pp 3-37.
- Hernández B., F. Silvia, L. Chumba, S. Segura, S. Celia, I. Chablé, 2013. ¿Qué ha reducido la diversidad de peces endémicos dulceacuícolas en México?, Cuerpo Académico de Bioecología Animal, Departamento de Zoología, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán, 6 (1).
- Israde-Alcantara I, G. V. Segura, N. M. Abarca, E. Luc, E. U. Cantoral y M. C. Mendoza. Diatomeas del Rio Lerma, estimación de la calidad del agua de un río fuertemente contaminado. Resultados preliminares.
http://www.inecc.gob.mx/descargas/cuencas/cong_nal_06/tema_05/1_2_isabel_israde.pdf (accesado en agosto 29, 2015).
- Keast A., 1985. Development of dietary specializations in a summer community of juvenile fishes. Environmental Biology of Fishes. 13 (3): 211-224.
- Krebs, Ch. J, 1989. Ecological methodology. Harper Collins Publisher, New York. 654 p.
- Lazzaro X., R. W. Drenner, R. A. Stein, J. D. Smith, 1992. Planktivores and plankton dynamics: effects of fish biomass and planktivore type. Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 49: 1466-1473.
- Lazzaro X., 1997. Do trophic cascade hypothesis and classical biomanipulation approaches apply to tropical lakes and reservoirs. Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie, 26: 719-730.
- Macías J. L., 2005. Geología e historia eruptiva de algunos de los grandes volcanes activos de México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana Volumen Conmemorativo del Centenario Temas Selectos de la Geología Mexicana, 57 (3): 379-424.
- Martínez C., L., P. M. Martínez, E. J. A. López, T. A. Campañas, B. A. Miranda, E. Ballester y C. M. A. Porchas, 2010. Alimento Natural en Acuicultura: una revisión actualizada. En: Cruz-Suarez, L.E.,

- Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Nieto-López, M.G., Villarreal-Cavazos, D. A., Gamboa-Delgado, J. (Eds), Avances en Nutrición Acuícola X - Memorias del X Simposio Internacional de Nutrición Acuícola, 8-10 de noviembre, San Nicolás de los Garza, N. L., México. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México. Pp. 668-699.
- Martínez P. C. A. y D. M. G. Ríos, Aspectos de la alimentación de los peces y el uso de microagregados en acuicultura. http://www.iiap.org.pe/publicaciones/CDs/MEMORIAS_VALIDAS/pdf/Mart%C3%ADnez.pdf (accesado en noviembre 11, 2015)
 - McCafferty W. P. and A. Provonsha, 1998. Aquatic Entomology. The Fishermen'S and Ecologist Illustrated Guide to Insects and Their Relatives. Jones and Bartlett Publishers. Sudbury, Massachusetts, USA. 448p.
 - Matsumura-Tundisi T., S. N. Leitão, L. S. Aguenta and J. Miyahara, 1990. Eutrofização da represa de Barra Bonita: Estrutura e organização da comunidade de Rotifera. Rev. Brasil. Biol. 50: 923-935. En: Merayo S. y E. J. González, 2009. Variaciones de abundancia y biomasa del zooplancton en un embalse tropical oligo-mesotrófico del norte de Venezuela. Revista de Biología Tropical, 58 (2): 603-619.
 - Moyle P. B. y Cech Jr. J. J., 2000. Fishes. An Introduction to Ichthyology. Fourth Edition. Prentice Hall, Inc. USA. 612p.
 - Navarrete S. N. A., R. J. Aguilar, D. M. González y G. E. Fernández, 2007. Espectro trófico y trama trófica de la ictiofauna del Embalse San Miguel Arco, Soyaniquilpan, Estado de México. Revista de Zoología, 18: 1-12.
 - Navarrete-Salgado A. N., L. M. Rojas-Bustamante, G. Contreras-Rivero, G. Elías-Fernández, 2006. Alimentación de *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae) en el embalse La Goleta, Estado de México. Ciencia Ergo Sum, 14: 63-68.
 - Needham J. G. y P. R. Needham, 1978. Los seres vivos de las aguas Dulces. Editorial Reverté S.A.
 - Nikolsky G. V., 1974. The Ecology of Fishes. ACADEMIC PRESS INC. New York. EUA. 352p.
 - Ortaz M., E. P. González y C. Peña Herrera., 2006. Depredación de peces sobre el zooplancton en tres embalses neotropicales con distintos estados tróficos. INCI, 31(7).
 - Pérez-Ortiz G., 2005. Diagnóstico ambiental como base para la rehabilitación de las Ciénegas de Lerma, Estado de México. (Tesis

de maestría en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 85p.

- Pyke G. H., 1984. Optimal foraging theory: A critical review. *Ann. Rev. Ecol. Sysf.* 15: 523-575.
- Pineda S. H. R., S. C. A. Zuluaga y B. D. A Vertel, 2012. Evaluación de la morfometría y del hábito alimenticio en Tilapia Roja *Oreochromis sp.* y Tilapia Nilotica *xOreochromis niloticusvar.* Chitralada bajo diferentes condiciones de manejo en dos granjas piscícolas del occidente antioqueño. *Revista Politécnica*, 14: 97-104.
- Pinkas L., 1971. Food habits study. 5-10 pp. En: Pinkas L., M.S. Oliphant y I.L. Iverson. *Foods habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California water.* Calif. Dep. Fish Game Fish. Bull.
- Quiroz Castelán H., J. C. Martínez, J. García Rodríguez, F. I. Molina. Y V. M. Díaz, 2009. Análisis de los componentes zoobentónicos en un bordo temporal utilizado para acuicultura extensiva en Norte del Estado de Guerrero, México REDVET Revista electrónica de Veterinaria. 10(4) Pp. 1-47 <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63611961023> (Accesado en enero 31, 2016)
- Roldan P. G. y R. J. J. Ramírez, 2008. *Fundamentos de Limnología Neotropical.* 2ª edición. Universidad de Antioquía. 442 p.
- Ruttner-Kolisko, A, 1962. *A guide to the study of fresh-water biology.* Sn. Fco., Calif. G Holden-Doyic.
- Shirota A., 1970. Studies on the mouth size of fish larvae. *Bull. Jap. Bulletin of the Japanese Society for the Science of Fish.* 36: 353-368.
- Silva M. V., Hernández M. R. y Medina N. M., 2014. Métodos clásicos para el análisis del contenido estomacal en peces. *Biológicas*, 16(2): 13 –16.
- Smit D. G, 2001. *Pennak's freshwater invertebrates of the United States. Porifera to Crustacea.* 4th ed. Jonh Wiley and Sons, Inc. 638 p.
- Snelson F. F., 1989. Social and environmental control of life history traits in poeciliid, In: *Ecology and evolution of live bearing fishes (Poeciliidae)*, F. F. Snelson and G. K. Meffe, Nueva Jersey, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, Pp.149-161.
- Suárez-Morales E., A., Vázquez-Mazy and E. M. Solis, 1993. On the zooplankton community of a Mexican eutrophic, a seasonal survey. *Hidrobiológica* 3 (1-2): 71-80.

- Throp H. J and A. P. Covich, 2001. Ecology and classification of North American Freshwater Invertebrates. 2° Ed. Academic Press. 1056 p.
- Trujillo-Jiménez P. y M. V. E. Espinosa, 2006. La ecología alimentaria del pez endémico *Girardinichthys multiradiatus* (Cyprinodontiformes: Goodeidae), en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala, México. Rev. Biol. Trop., 54:1247-1255.
- Vázquez-Gutiérrez F, 1993. Desarrollo industrial de las cuencas en México. Curso de Limnología Aplicada. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. D.F. México. Pp. 34-39.
- Wetzel G. R., 2001. Limnology. Lake and River Ecosystems. 3rd edition. Academic Press, San Diego California. USA.
- Wootton R. J., 1990. Ecology of teleost fishes. Chapman and Hall, London, UK. 404 p.
- Yáñez-Arancibia A., J. Curiel-Gómez, V. L. De Yáñez, 1976. Prospección Biológica y Ecológica del Bagre marino *Galeichthys caerulescens* (Gunther) en el sistema lagunar costero de Guerrero, México (Pisces: Ariidae). Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología Univ. Nal. Autón. México. 3 (1): 125-180.
- Zambrano L. 2007. La vida en las aguas continentales. Revista Ciencia, julio-septiembre, Pp 72-79.
- Zaret T. M., 1980. Predation and freshwater communities. Yale Univ. Press, New Have, USA. 187 p
- Zepeda-Gómez C., A. Lot-Helgueras, N. X. Antonio y D. Madrigal-Urbe, 2012. Florística y Diversidad de las Ciénegas del Río Lerma Estado de México, México. Acta Botánica Mexicana, 98: 23-49.